



Document public



# Actualisation des microzonages sismiques de Fort-de-France, Le Lamentin, Schoelcher (Martinique)

Rapport final

BRGM/RP-56074-FR

Mars 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2007 n°07RISG52

A. Roullé, M. Imbault, A. Bitri, A.-V. Barras

<b>Vérificateur :</b>
Nom : D. Bertil
Date :
Signature: 

<b>Approbateur :</b>
Nom : JP Comte
Date : 28/3/08
Signature: 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.





## Synthèse

A la demande de la DIREN et de la DDE, le BRGM a été chargé d'actualiser et compléter le microzonage sismique réalisé en 1996 sur les communes de Fort-de-France, Le Lamentin et Schoelcher afin de faciliter leur intégration dans le PPR<sup>1</sup> des trois communes. Les objectifs de l'étude demandée par la DIREN et la DDE sont les suivants :

- traduire le zonage spécifique existant en termes de colonnes de sol préconisées dans les EC8<sup>2</sup> (AFNOR, 2005) ;
- définir un unique spectre spécifique pour chacune des zones proposées en 1996, en particulier pour la zone dite « au rocher » pour laquelle deux spectres avaient été proposés afin de tenir compte à la fois d'une source proche et d'une source lointaine ;
- comparer les spectres spécifiques aux spectres forfaitaires de la future réglementation basée sur la carte d'aléa sismique présentée par le MEDAD en novembre 2005 ;

Le travail s'est déroulé en cinq phases :

- synthèse du microzonage sismique réalisé en 1996 à partir du rapport de Chassagneux *et al.* (1996) en décrivant en particulier les données disponibles lors de la réalisation du microzonage, la méthodologie suivie et les résultats obtenus ;
- collecte des données géologiques, géotechniques et/ou géophysiques complémentaires disponibles depuis 1996. Cette collecte de données a été complétée par la réalisation d'une campagne de mesures géophysiques H/V et SASW afin d'obtenir une meilleure caractérisation des vitesses et des profondeurs des formations superficielles ;
- analyse et intégration des données collectées aux résultats des travaux de 1996 pour aboutir à une adaptation du zonage actuel aux classifications des sols proposés dans les EC8 (AFNOR, 2005) basées sur le calcul du paramètre  $V_{S,30}$ . Cette adaptation s'est faite sans modification des limites de zone. En cas d'hétérogénéité des résultats pour une même zone, c'est la classe la plus pénalisante qui a été conservée, en accord avec le cahier des charges ;
- comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres forfaitaires de la future réglementation (EuroCode 8) pour chacune des zones sismiques homogènes ;
- comparaison des spectres de réponse en accélération enregistrés sur la zone d'étude lors du séisme de Martinique du 29 novembre 2007 avec les spectres spécifiques et forfaitaires correspondants.

---

<sup>1</sup> PPR : Plan de Prévention des Risques

<sup>2</sup> EuroCode 8 ou EC8 : Norme européenne décrivant les règles de calcul des structures pour leur résistance aux séismes (AFNOR, 2005). La future réglementation parasismique française, dont la parution est attendue en 2008, se basera sur cette norme européenne.

Le zonage sismique découlant de ce travail a permis de diviser la zone d'étude en 4 zones sismiques de classe A (rocher), C, D, et E selon les critères de classification des EC8 (AFNOR, 2005) au lieu des 7 zones proposées en 1996. Les résultats sont synthétisés dans l'annexe 4. La cartographie finale de la zone d'étude selon les EC8 au 1/25 000 est également disponible en annexe. La classification des zones définies en 1996 selon les critères EC8 est la suivante :

- zone 1 : classe D ;
- zones 2 à 5 : classe C ;
- zone 6 : classe E ;
- zone 7 : classe A (rocher).

Une des limites de la classification des sols selon les EC8 vient du paramètre  $V_{s,30}$  à la base de cette classification. En effet, ce paramètre correspond à la vitesse moyenne des ondes S dans les 30 premiers mètres et, par définition, il ne tient pas compte de la géologie au-delà de 30 mètres de profondeur. Par conséquent, contrairement aux spectres spécifiques calculés en 1996, les spectres forfaitaires des EC8 ne permettent pas de bien tenir compte de la présence de couches de caractéristiques mécaniques médiocres à moyennes en forte épaisseur notamment au niveau des zones côtières de mangroves ou des zones présentant de fortes épaisseurs d'alluvions compactes ou de formations volcaniques altérées (zones 1, 3 et 4 du zonage de 1996). Dans le zonage réalisé en suivant les critères EC8, cela se traduit par l'attribution d'un spectre de réponse unique (correspondant à la classe C) pour les zones sismiques 2 à 5 définies en 1996 malgré des épaisseurs de couche surmontant le substratum très variables.

Pour chaque zone du zonage de 1996, le spectre spécifique correspondant a été rappelé. Pour la zone au rocher (zone 7 du zonage de 1996), c'est le spectre spécifique correspondant à la source lointaine qui a été conservé.

Pour chaque zone EC8, le spectre forfaitaire correspondant a été précisé. En raison de la non parution de la nouvelle réglementation parasismique à la date de rédaction de ce rapport, c'est l'accélération de calage définie par le GEPP<sup>3</sup> qui a été considérée.

La comparaison entre les spectres spécifiques calculés en 1996 et les spectres forfaitaires montre que (Figure 12 et Figure 13) :

- pour la zone 1, le spectre EC8 est plus pénalisant que le spectre spécifique pour les périodes inférieures à 0,9 s, et moins pénalisant au-delà ;
- pour les zones 2 et 3, les spectres EC8 sont moins pénalisants que les spectres spécifiques ;
- pour la zone 4, le spectre EC8 est moins pénalisant que le spectre spécifique pour les périodes inférieures à 0,57 s et les deux spectres sont similaires au-delà ;
- pour les zones 5, 6 et 7 (rocher), les spectres EC8 sont plus pénalisants que les spectres spécifiques.

---

<sup>3</sup> GEPP : Groupe d'Études et de Propositions pour la Prévention du risque sismique en France, instance chargée par l'administration de préparer la future réglementation parasismique en France.

Les différences entre spectres spécifiques et spectres EC8 sont modérées pour les zones 1, 2 et 5 mais sont particulièrement importantes pour les zones 3, 4, 6 et 7 (rocher).

Enfin, suite au séisme de Martinique du 29 novembre 2007, les spectres de réponse en accélération observés sur la zone d'étude ont été comparés aux spectres spécifiques et forfaitaires. Ces spectres sont largement au-dessous des spectres spécifiques et forfaitaires ce qui est en adéquation avec les résultats attendus puisque ce séisme est beaucoup plus profond que le séisme de référence du microzonage.

L'actualisation du microzonage sismique réalisé en 1996 sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin selon les critères de sol des EC8 (AFNOR, 2005) a permis de simplifier le zonage proposé en 1996 en passant de 7 zones à 4 zones. Néanmoins, les résultats ont montré que les spectres forfaitaires EC8 lissaient la complexité de la géologie superficielle sur la zone d'étude et pouvaient donc s'avérer trop simplifiés par rapport aux spectres spécifiques qui sont, eux, par la méthodologie employée pour leur estimation, bien mieux adaptés au contexte géologique et sismologique local. Par ailleurs, selon la zone considérée, le spectre le plus pénalisant est soit le spectre forfaitaire soit le spectre spécifique. Dans ce contexte, la transposition du microzonage sismique des trois communes en PPR nécessitera une réflexion préalable approfondie sur le choix des spectres à adopter (spectres spécifiques proposés en 1996, spectres EC8 ou solution composite).



# Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Synthèse du microzonage réalisé en 1996 .....</b>	<b>13</b>
2.1. ALÉA RÉGIONAL .....	13
2.2. ALÉA LOCAL.....	15
2.2.1. Méthodologie utilisée .....	15
2.2.2. Effets de site lithologiques .....	15
2.2.3. Effets de site topographiques.....	19
2.2.4. Liquéfaction .....	20
<b>3. Adaptation du zonage actuel selon les EC8 .....</b>	<b>23</b>
3.1. DONNÉES DISPONIBLES.....	23
3.2. CAMPAGNE DE MESURES GEOPHYSIQUES DE 2007.....	24
3.3. NOUVEAU ZONAGE SISMIQUE SELON LES EC8.....	25
3.3.1. Zone 1 .....	28
3.3.2. Zone 2 .....	29
3.3.3. Zone 3 .....	30
3.3.4. Zone 4 .....	30
3.3.5. Zone 5 .....	32
3.3.6. Zone 6 .....	32
3.3.7. Nouveau zonage EC8.....	33
3.4. COMPARAISON DES SPECTRES DE RÉPONSE SPÉCIFIQUES AVEC LES SPECTRES DE RÉPONSE FORFAITAIRES EC8.....	34
3.5. ANALYSE DES DONNÉES DU SÉISME DU 29/11/2007 .....	39
<b>4. Conclusions .....</b>	<b>43</b>
<b>5. Bibliographie.....</b>	<b>45</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 : Forme générale du spectre de réponse élastique .....	14
Figure 2 : Spectre de réponse de référence (au rocher horizontal affleurant) pour les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin à 5% d'amortissement. ....	15
Figure 3 : Zones à réponse sismique homogène d'après le microzonage sismique de 1996. ....	18
Figure 4 : Spectres spécifiques tenant compte des effets de site proposés dans le cadre du microzonage sismique réalisé en 1996. ....	19
Figure 5 : Cartographie des effets de site topographiques. ....	20
Figure 6 : Cartographie de l'aléa liquéfaction réalisée en 1996 sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher, Le Lamentin. . ....	22
Figure 7 : Localisation des données géologiques et géophysiques utilisées pour l'actualisation du microzonage sismique de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin. ....	25
Figure 8 : Synthèse des interprétations des données SASW et H/V. ....	27
Figure 9 : Localisation des profils SASW réalisés à Schoelcher.....	31
Figure 10 : Zonage des communes de Fort-de-France, Schoelcher et du Lamentin selon les EC8 après adaptation du zonage réalisé en 1996. ....	34
Figure 11 : Forme générale du spectre de réponse élastique (d'après les règles parasismiques EC8) à 5% d'amortissement. ....	35
Figure 12 : Comparaison entre spectres spécifiques définis en 1996 et spectres EC8 forfaitaires pour chacune des zones à effet de site du microzonage sismique de 1996. ....	37
Figure 13 : Comparaison entre spectres spécifiques définis en 1996 et spectres EC8 forfaitaires pour la zone au rocher (zone 7) du microzonage sismique de 1996. ....	38
Figure 14 : Comparaison des spectres spécifiques et du spectre forfaitaire EC8 correspondant pour les zones de la classe C (zones 2, 3, 4 et 5 du zonage de 1996). ....	38
Figure 15 : Spectres forfaitaires correspondant au zonage sismique selon les critères EC8 (AFNOR, 2005) sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin. ....	39
Figure 16 : Localisation des données accélérométriques recueillies lors du séisme du 29 novembre 2007.....	40
Figure 17 : Comparaison entre les spectres de réponse en accélération obtenus lors du séisme du 29 novembre 2007, les spectres spécifiques de 1996 et les spectres EC8 pour chacune des zones à effet de site du zonage de 1996.....	41
Figure 18 : Comparaison entre les spectres de réponse en accélération obtenus lors du séisme du 29 novembre 2007, les spectres spécifiques de 1996 et les spectres EC8 pour la zone au rocher (zone 7) du zonage de 1996. ....	42
Figure 19 : Dispositif SASW.....	48
Figure 20 : Dispositif H/V.....	49
Figure 21 : Localisation des profils SASW réalisés pour cette étude. ....	54
Figure 22 : Localisation de la coupe géologique simplifiée de la Figure 23.....	55
Figure 23 : Coupe géologique simplifiée AB (d'après Godefroy et Mouroux, 1991).....	55
Figure 24 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites du Nord de la commune de Fort-de-France.....	56
Figure 25 : Profil SASW sur le site du stade de la Médaille, Fort-de-France.....	56
Figure 26 : Profil SASW sur le site de l'hôpital de Colson, Fort-de-France. ....	57

Figure 27 : Profil SASW sur le site du stade de football de Balata, Fort-de-France .....	58
Figure 28 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Schoelcher.....	59
Figure 29 : Profil SASW sur le site de Fond Lahaye, Schoelcher.....	60
Figure 30 : Profils SASW sur le site Anse Madame, Schoelcher.....	60
Figure 31 : Profils SASW sur le site de la plage de Madiana, Schoelcher. ....	61
Figure 32 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Lamentin, au niveau de la rivière La Lézarde. ....	62
Figure 33 : Profils SASW sur le site de Bochette, Le Lamentin.....	63
Figure 34 : Profils SASW sur le site de Bochette, Le Lamentin.....	63
Figure 35 : Profils SASW sur le site de Mangot Vulcin, Le Lamentin. ....	64
Figure 36 : Profils SASW sur le site du stade de Place d'Armes, Le Lamentin.....	64
Figure 37 : Profils SASW sur le site de Petit Morne, Le Lamentin.....	65
Figure 38 : Profils SASW sur le site du stade de Long Pré, Le Lamentin.....	65
Figure 39 : Profils SASW sur le site de Gondeau, Le Lamentin. ....	66
Figure 40 : Profils SASW sur le site de Basse Gondeau, Le Lamentin. ....	66
Figure 41 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Lamentin, au niveau de la mangrove. ....	67
Figure 42 : Profils SASW sur le site de La Lézarde, Le Lamentin. ....	68
Figure 43 : Profils SASW sur le site de La Lézarde (DDE), Le Lamentin.....	68
Figure 44 : Profils SASW sur le site de la marina de Port Cohé, Le Lamentin.....	68
Figure 45 : Profils SASW sur le site de Lareinty, Le Lamentin. ....	69
Figure 46 : Profils SASW sur le site de l'hippodrome, Le Lamentin.....	69
Figure 47 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites à l'Est de la commune de Fort-de-France.....	70
Figure 48 : Profils SASW sur le site de Jambette, Fort-de-France.....	71
Figure 49 : Profils SASW sur le site du stade de Dillon, Fort-de-France.....	71
Figure 50 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS dans le centre ville de Fort-de-France.....	72
Figure 51 : Profils SASW sur le site de La Savane, Fort-de-France.....	73
Figure 52 : Profils SASW sur le site du Parc Floral, Fort-de-France.....	73
Figure 53 : Profils SASW sur le site du stade de La Folie, Fort-de-France. ....	74
Figure 54 : Profils SASW sur le site du stade de la Pointe Simon, Fort-de-France.....	74
Figure 55 : Localisation des mesures H/V utilisées dans cette étude.....	78
Figure 56 : Localisation des mesures H/V utilisées dans cette étude. Zoom sur la commune de Fort-de-France.....	78
Figure 57 : Mesures H/V réalisées en 2007.....	79
Figure 58 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).....	80
Figure 59 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).....	81
Figure 60 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).....	82
Figure 61 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).....	83
Figure 62 : Mesures H/V réalisées en 2001.....	84

Figure 63 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du RAP. ....	85
Figure 64 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du RAP (suite).....	86
Figure 65 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du Conseil Général de la Martinique. ....	87
Figure 66 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du Conseil Général de la Martinique (suite). ....	88
Figure 67 : Microzonage sismique des communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin réalisé en 1996 (d'après Chassagneux et al., 1996).....	91
Figure 68 : Microzonage sismique des communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin d'après les EuroCode 8 (AFNOR, 2005).....	93
Figure 69 : Spectres spécifiques proposés lors du microzonage de 1996 et correspondant au zonage de la Figure 66 (à 5% d'amortissement). ....	95
Figure 70 : Spectres forfaitaires EC8 (AFNOR, 2005) correspondant au zonage de la Figure 67 (à 5% d'amortissement).....	96

## Liste des annexes

<b>Annexe 1 Présentation des méthodes SASW et H/V.....</b>	<b>47</b>
<b>Annexe 2 Mesures SASW et données géologiques associées .....</b>	<b>51</b>
<b>Annexe 3 Mesures H/V .....</b>	<b>75</b>
<b>Annexe 4 Synthèse des résultats.....</b>	<b>89</b>
<b>Annexe 5 Cartographie du microzonage sismique selon les EC8 au 1/25 000 ....</b>	<b>97</b>

# 1. Introduction

En 1996, le BRGM a réalisé un microzonage sismique sur les communes de Fort-de-France, Le Lamentin et Schoelcher (Chassagneux *et al.*, 1996). Ce microzonage, réalisé à l'échelle du 1/10 000, s'appuie sur les recommandations formulées par l'Association Française de Génie Parasismique dans son guide pour la réalisation des études de microzonage (AFPS, 1993) et sur les règles parasismiques PS92 (AFNOR, 1995). En 2007, la DIREN et la DDE souhaitent intégrer ce microzonage sismique dans les PPR des trois communes. Or la réglementation parasismique est en cours de modification et s'appuiera dorénavant sur une approche probabiliste du risque sismique et sur les règles européennes EuroCode 8 (AFNOR, 2005). Le BRGM a donc été chargé d'actualiser le microzonage sismique réalisé en 1996 afin de tenir compte de l'évolution de la réglementation et de faciliter son intégration dans les PPR des trois communes. Les objectifs de l'étude demandée par la DIREN et la DDE sont les suivants :

- traduire le zonage spécifique existant pour les effets de site lithologiques en termes de colonnes de sol préconisées dans les EC8 (AFNOR, 2005) ;
- définir un unique spectre spécifique pour chacune des zones proposés en 1996, en particulier pour la zone dite « au rocher » pour laquelle deux spectres avaient été proposés afin de tenir compte à la fois d'une source proche et d'une source lointaine ;
- comparer les spectres spécifiques aux spectres forfaitaires de la future réglementation basée sur la carte d'aléa sismique présentée par le MEDAD en novembre 2005.

La première partie de ce travail a consisté à synthétiser le microzonage sismique réalisé en 1996 à partir du rapport BRGM n° R39186 (1996) en décrivant en particulier les données disponibles lors de la réalisation du microzonage, la méthodologie suivie et les résultats obtenus. L'étude de 1996 reprise ici concernait les points suivants : aléa sismique régional, effets de site lithologiques, effets de site topographiques et aléa liquéfaction. Pour chacun de ces aléas, les cartes obtenues en 1996 ont été reproduites dans le rapport.

La deuxième partie du travail a consisté à collecter les données géologiques, géotechniques et/ou géophysiques complémentaires disponibles depuis 1996. Cette collecte de données a été complétée par la réalisation d'une campagne de mesures géophysiques H/V et SASW afin d'obtenir une meilleure caractérisation des vitesses et des profondeurs des formations superficielles.

Dans un troisième temps, l'ensemble des données collectées a été analysé et intégré aux résultats des travaux de 1996 pour aboutir à une adaptation du zonage actuel aux classifications des sols proposées dans les EC8 (AFNOR, 2005). La cartographie finale a été réalisée au 1/25 000.

Enfin, pour chacune des zones sismiques homogènes, une comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres forfaitaires de la future réglementation a été réalisée.

En complément, suite au séisme de Martinique du 29 novembre 2007, les spectres de réponse en accélération enregistrés sur la zone d'étude ont été comparés aux spectres spécifiques et forfaitaires correspondants.

Nous tenons à remercier le RAP (<http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/>) et le Conseil Général de la Martinique pour leur mise à disposition rapide des données du séisme du 29 novembre 2007.

## 2. Synthèse du microzonage réalisé en 1996

### 2.1. ALÉA RÉGIONAL

L'estimation de l'aléa sismique régional réalisé en 1996 pour le microzonage de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin s'appuie sur les travaux de Godefroy et Mouroux (1991) réalisés entre 1986 et 1990 dans le cadre d'un programme local d'évaluation de l'aléa sismique aux Antilles françaises dont le but était la réduction sensible, à long terme, du risque sismique dans cette région. Cette étude a consisté en une synthèse sismotectonique et une étude de la sismicité historique et instrumentale pour définir et caractériser les principales sources sismiques de la région. Cette évaluation a conduit à un macrozonage des Antilles françaises en termes d'aléa régional et à la définition de mouvements sismiques de référence pour chacune des zones de ce macrozonage. Ce sont ces mouvements de référence qui ont été utilisés pour le microzonage de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin réalisé en 1996.

Deux types de sources ont été retenus en 1996 : une source proche, de magnitude 5.8 et distance focale 5 km, et une source lointaine, de magnitude 7.5 et de distance focale 60 km. La source proche correspond à des séismes superficiels intraplaque, avec un mécanisme focal de type faille normale, pouvant être générés par des failles considérées comme actives. Ces séismes pourraient engendrer des intensités maximales VII-VIII à VIII en Martinique. La source lointaine correspond aux séismes liés à la subduction entre les plaques Amérique et Caraïbe notamment au large des côtes orientales de la Martinique (comme les séismes du 11 janvier 1839 ou du 21 mai 1946). Ces séismes pourraient engendrer des intensités maximales VIII à VIII-IX en Martinique.

Le mouvement sismique est défini par l'intermédiaire d'un spectre de réponse en accélération  $R_E(T)$ . Ce spectre est défini de la façon analytique suivante (Figure 1) :

- branche AB :  $R_E(T) = R_A + (R_M - R_A) (T/T_B)$  ;
- branche BC :  $R_E(T) = R_M$  ;
- branche CD :  $R_E(T) = R_M (T_C/T)$  ;
- branche DE :  $R_E(T) = R_M (T_C/T) (T_D/T)$ .

Où T représente la période (en secondes),  $R_A$  l'accélération à période nulle (ou PGA) et  $R_M$  l'accélération maximale.

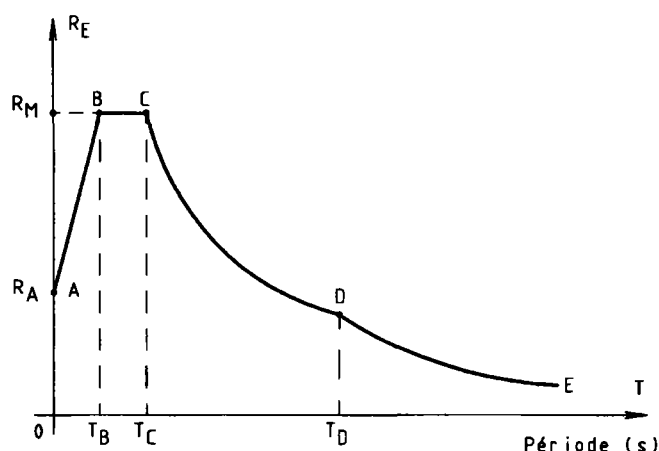


Figure 1 : Forme générale du spectre de réponse élastique (d'après les règles parasismiques PS92 (AFNOR, 1995)).

Le microzonage réalisé en 1996 est basée sur une approche déterministe<sup>4</sup> alors que la nouvelle réglementation parasismique EuroCode 8 suit une approche probabiliste qui prend en compte la probabilité d'occurrence des séismes. Pour le bâti courant, la période de retour de l'accélération à prendre en compte est de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité de 10% sur 50 ans d'atteindre ou dépasser cette accélération. Des études récentes d'évaluation probabiliste de l'aléa sismique (par exemple Martin et Combes, 2002) ont montré que, pour une période de retour de 475 ans, l'aléa sismique en Martinique est dominé par les séismes liés à la zone de subduction : la source lointaine est donc considérée comme la plus pertinente pour la suite de cette étude. Le mouvement sismique de référence au rocher horizontal affleurant est donc celui correspondant à la source lointaine décrite dans le paragraphe précédent (magnitude : 7.5, distance focale : 60 km). Il est représenté par le spectre de réponse décrit ci-après (Tableau 1 et Figure 2).

	$T_A$ (s)	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)	$R_A$ (g)	$R_M$ (g)
<b>Valeurs des paramètres du spectre</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.2	0.54

Tableau 1 : Valeurs du spectre de référence au rocher horizontal affleurant.

<sup>4</sup> L'approche déterministe associe à chaque source sismique un séisme maximum et ses caractéristiques (profondeur du foyer, magnitude, type de mécanisme à la source). Le séisme maximum historiquement connu est supposé pouvoir se reproduire en tout point la zone sismotectonique considérée, sans définir de période de retour associée.

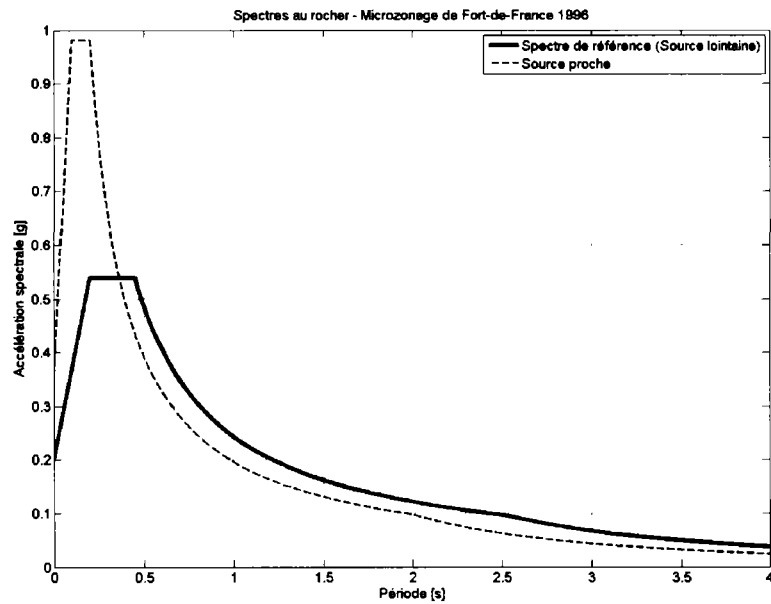


Figure 2 : Spectre de réponse de référence (au rocher horizontal affleurant) pour les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin à 5% d'amortissement. Pour information, le spectre correspondant à la source proche a été indiqué en tiretés.

## 2.2. ALÉA LOCAL

### 2.2.1. Méthodologie utilisée

Pour l'estimation de l'aléa local réalisée en 1996, la démarche suivante avait été adoptée :

- acquisition et validation des données topographiques, géologiques, géotechniques, et géophysiques ;
- structuration informatisée des données (mise en format SIG) ;
- élaboration d'un modèle géotechnique 3D avec identification d'un nombre fini d'unités géotechniques, réalisation de coupes géotechniques puis construction du modèle 3D ;
- évaluation de l'aléa local : effets de site lithologiques, effets de site topographiques, aléa liquéfaction.

L'échelle de restitution du microzonage réalisé en 1996 est le 1/10 000.

### 2.2.2. Effets de site lithologiques

Pour l'estimation des effets de site lithologiques, les données exploitées représentent un total d'environ 740 sondages et leurs rapports associés et 3 essais de type cross-hole. Ces données proviennent essentiellement de la banque de données du sous-sol (BSS) gérée par le BRGM et de deux bureaux d'étude locaux (CEBTP et SOPEMAS). L'étude réalisée en 1996 s'appuie également sur les données stratigraphiques et lithologiques décrites dans les travaux de Godefroy et Mouroux (1991) et qui reprennent les informations disponibles dans la notice géologique de Westercamp *et al.* (1989).

Le modèle géotechnique a été bâti à partir d'un M.N.T. au pas de 20 m obtenu par digitalisation des fonds IGN au 1/10 000. Cette digitalisation a été réalisée par le BRGM sur microstation en suivant la procédure décrite par Martin *et al.* (1994).

Après analyse de l'ensemble des données disponibles en 1996, 8 unités géomécaniques ont été retenues. La description de ces 8 unités est reprise intégralement ci-dessous du rapport de Chassagneux *et al.* (1996) :

- les formations superficielles (FS) : cette appellation regroupe les argiles et limons souvent légèrement surconsolidés, des remblais et terres végétales, ainsi que la partie superficielle des formations immédiatement inférieures, dont la réponse en terme de vitesse sismique est spécifique. La dominante est nettement argilo-limoneuse ; des niveaux plus grossiers peuvent être ponctuellement présents ;
- les formations compressibles (FC) : il s'agit des tourbes franches, argiles tourbeuses, argiles molles, vases, argiles limono-sableuses, limons argilo-sableux, dont les caractéristiques de portance sont faibles à très faibles et la compressibilité élevée. Des niveaux sableux d'épaisseur variable sont généralement présents, enchâssés au sein des autres, de manière relativement aléatoire ; on note également des madrépores et des formations coquillères ;
- les alluvions sableuses (AS) : ont été ainsi appelés des horizons essentiellement sableux, beaucoup plus homogènes et continus, présentant un caractère compressible moins marqué que l'unité précédente. Par assimilation et pour des raisons de modélisation, des horizons sableux discontinus de l'unité FC, jugés suffisamment épais, homogènes et nombreux, ont pu être regroupés localement pour constituer un horizon AS ;
- les alluvions compactes (AC) : il s'agit de formations n'ayant pas de caractère compressible, de granulométrie plus étalée et surtout plus grossière, de compacité supérieure aux 2 précédentes ;
- les formations volcaniques altérées moyennes (FVAM) : les formations concernées sont hétérogènes et les caractéristiques mécaniques assez fortement variables (médiocres à moyennes) ; les paramètres géodynamiques retenus ont dû tenir compte de l'étendue de ce domaine de variation ; ils doivent être considérés comme des valeurs moyennes. On y trouve des formations volcaniques altérées, (souvent hydrothermalisées et argilisées sur de grandes épaisseurs, notamment dans le grabben du Lamentin). Y sont aussi assimilées des alluvions plus ou moins sableuses, en assez faible densité dans la zone d'étude de 1994 (microzonage du Lamentin), alors que des unités spécifiques AS et AC ont été définies pour la présente car beaucoup plus fréquemment rencontrées. Enfin, des argiles de meilleure qualité mécanique que les niveaux FC en font aussi partie. En allant globalement vers le Nord-Est, (hormis présence de ravines ou rivières), on constate régulièrement une réduction et une disparition progressive des formations FC au profit de ces alluvions ou argiles ; on passe alors géographiquement d'une catégorie géodynamique à une autre ;
- les formations volcaniques altérées raides (FVAR) : sont comprises dans cette catégorie des formations volcaniques assez peu altérées, de caractéristiques mécaniques bonnes à excellentes. La transition entre FVAM et FVAR est en général progressive ; localement cependant, on peut constater une rupture assez franche dans les caractéristiques mécaniques et une épaisseur d'altération faible ;

- les formations volcaniques saines fissurées ou substratum fissuré (SF) : il est bien mis en évidence par certains profils géophysiques au niveau du Lamentin Ouest ; géotechniquement parlant, il s'agit d'un milieu rocheux, mais qui se distingue par son niveau de fracturation élevé. Il n'existe pas toujours (on peut passer directement de FVAR au substratum sain) et sa répartition dans l'espace est une des données les plus mal connues ; par ailleurs des failles peuvent en faire varier brutalement la puissance. Il s'agit du substratum au sens sismique du terme. ;
- les formations volcaniques saines ou substratum (S) : sa fracturation est nettement plus faible, ce qui se traduit géophysiquement par des vitesses d'ondes P supérieures. Il constitue le milieu de référence, semi-infini, pour les calculs de spectres. Il a été considéré comme toujours présent. Dans la suite de l'étude, on ne parlera donc plus que des 7 unités qui le surmontent.

Chacune de ces formations a ensuite été caractérisée en termes de paramètres mécaniques (cohésion non drainée  $C_{uu}$ , pression limite  $PI$ , coefficient de compressibilité  $C_c$ ,  $Q_c$  et  $R_p$ ) et épaisseurs. L'interprétation des données a permis de définir leurs paramètres géodynamiques (poids volumique, vitesse des ondes S ( $V_s$ ) et amortissement) pour les simulations.

L'étape suivante du travail a consisté à identifier et cartographier les zones sismiques homogènes et à leur associer une colonne de sol représentative. Un travail statistique a permis de sélectionner les stratigraphies les plus représentatives de la zone d'étude : 7 zones sismiques homogènes ont ainsi été définies.

Une fois définies ces 7 zones à réponse sismique homogène, les spectres de réponse associés ont été calculés à partir du logiciel SHAKE (Schnabel *et al.*, 1972). Pour ces calculs, 6 accélérogrammes ont été utilisés en entrée (4 synthétiques dont 2 correspondant à la source proche et 2 à la source lointaine ; et 2 accélérogrammes réels correspondant à la source lointaine). Les accélérogrammes synthétiques ont été calculés à partir du logiciel SIMQKE (Gasparini et Vanmarcke, 1976) et les 2 accélérogrammes réels correspondent au séisme du Michoacán ( $M=8.0$ ) qui a frappé les côtes mexicaines le 19 septembre 1985. Les calculs ont été réalisés en supposant un modèle linéaire équivalent 1D. Pour chaque stratigraphie retenue, des tests ont été réalisés pour tenir compte des incertitudes sur les épaisseurs de couche.

Les 7 zones sismiques homogènes (Figure 3) sont définies de la façon suivante :

- **zone 1** : sols mous (argiles) ou lâches (sables) de grande épaisseur ( $h > 20$  m) et faible vitesse d'onde S ( $V_s$  comprise entre 150 et 250 m/s). Il s'agit des formations superficielles (FS), compressibles (FC) et alluvions sableuses (AS) présentes notamment dans les zones côtières de mangroves ou anciennes mangroves ;
- **zone 2** : sols mous (argiles) ou lâches (sables) de la zone 1 avec des épaisseurs comprises entre 10 et 20m. Cette zone constitue une zone de transition entre la zone 1 et les autres zones. Elle correspond également aux formations alluvionnaires plus compactes que les précédentes présentant des épaisseurs significatives ( $h > 15$  m) et dont la réponse sismique est très comparable. Enfin, un troisième type de formation est rattaché à cette zone. Il s'agit des formations volcaniques altérées de caractéristiques médiocres à moyennes, de très forte épaisseur ( $h > 20$  m) que l'on trouve dans la partie Nord de la commune de Fort-de-France ;
- **zone 3** : sols mous (argiles) ou lâches (sables) correspondant aux formations FS, FC ou AS, d'épaisseur comprise entre 5 et 10 m, reposant sur les formations sous-jacentes (AC, FVAM, FVAR et SF) d'épaisseur totale supérieure à 40 m ;

- **zone 4** : sols mous à lâches précédents, d'épaisseur comprise entre 5 et 10 m, reposant sur les formations sous-jacentes d'épaisseur totale inférieure ou égale à 40 m ;
- **zone 5** : sols mous (argiles) à lâches (sables) des formations FS, FC ou AS, de faible épaisseur, reposant sur des alluvions plus compactes d'épaisseur inférieure à 15 m ;
- **zone 6** : formations volcaniques altérées, d'épaisseur inférieure à 20 m, surmontant des formations raides ou rocheuses. Comme indiqué dans la description des unités géomécaniques, cette zone regroupe des formations très hétérogènes avec des caractéristiques mécaniques fortement variables ;
- **Zone 7** : rocher.

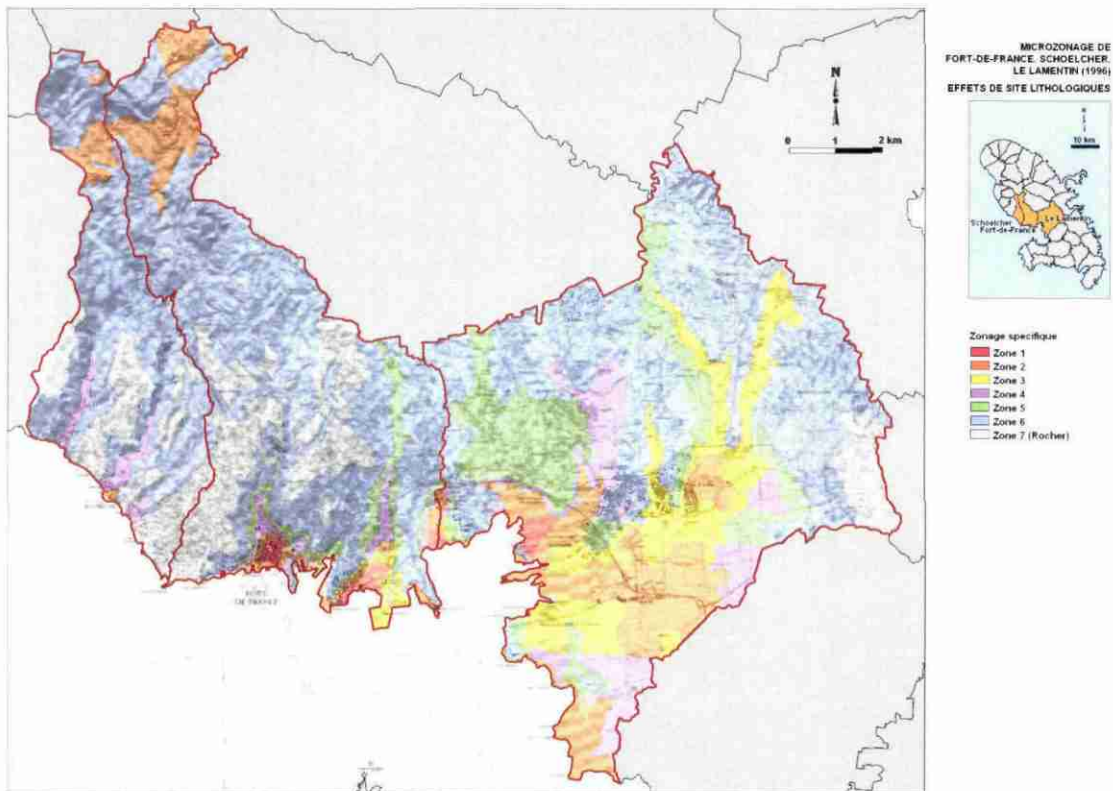


Figure 3 : Zones à réponse sismique homogène d'après le microzonage sismique de 1996. Une version de l'image en format A3 est disponible dans l'annexe 4. (Fond topographique : © IGN – scan 25).

Les spectres de réponse en accélération associés à chaque zone sismique homogène sont représentés sur la Figure 4 et décrits dans le Tableau 2.

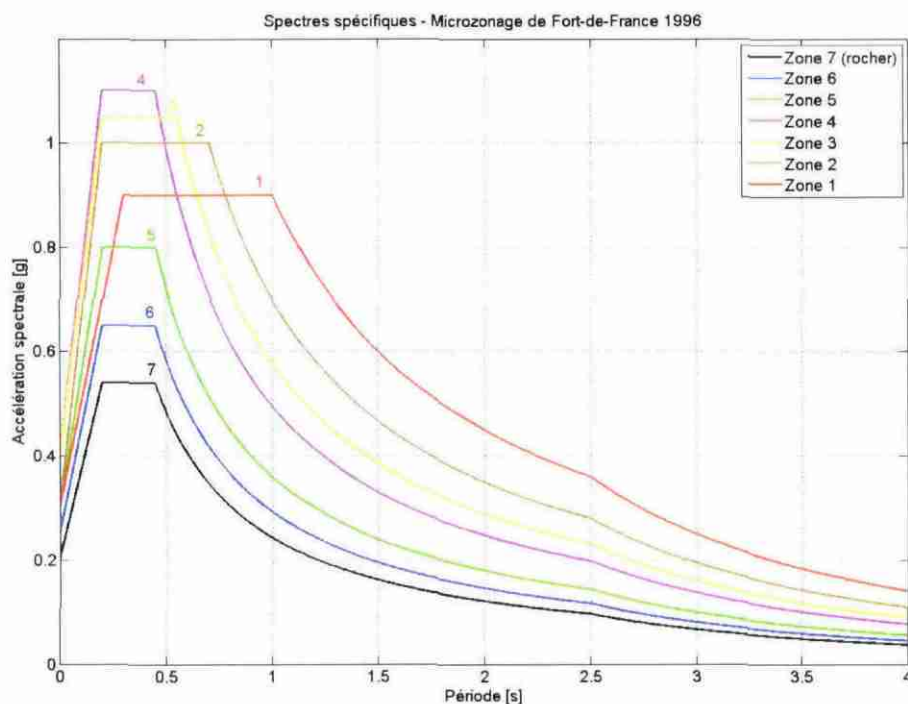


Figure 4 : Spectres spécifiques tenant compte des effets de site proposés dans le cadre du microzonage sismique réalisé en 1996.

Paramètres du spectre	$T_A$ (s)	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)	$R_A$ (g)	$R_M$ (g)
<b>Zone 1</b>	0	0.3	1	2.5	0.3	0.9
<b>Zone 2</b>	0	0.2	0.7	2.5	0.3	1
<b>Zone 3</b>	0	0.2	0.55	2.5	0.4	1.05
<b>Zone 4</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.4	1.1
<b>Zone 5</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.3	0.8
<b>Zone 6</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.25	0.65
<b>Zone 7 (rocher)</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.2	0.54

Tableau 2 : Valeurs des spectres spécifiques de la Figure 4.

### 2.2.3. Effets de site topographiques

Les effets de site topographiques ont été estimés en suivant les règles parasismiques PS92, c'est-à-dire en calculant un coefficient multiplicateur d'amplification  $\tau$  dépendant de la géométrie de la topographie considérée (hauteur de l'arête au-dessus de la base du relief, pentes en aval et en amont du sommet). Ce coefficient  $\tau$  varie entre 1 (pas d'amplification) et 1.4 (amplification maximale). Le calcul a été réalisé sur les profils les plus pénalisants de la zone et les valeurs numériques obtenues ont été interpolées manuellement entre les profils en fonction de la topographie puis numérisées. Cette méthodologie est toujours appliquée actuellement et reste très proche de celle proposée dans les EuroCode 8. La cartographie réalisée en 1996 reste donc valable et ne sera pas actualisée ici.

Quatre classes d'aléa ont ainsi été définies :

- aléa très faible à nul pour  $\tau$  compris entre 1 et 1.1 ;
- aléa moyen pour  $\tau$  compris entre 1.1 et 1.2 ;
- aléa élevé pour  $\tau$  compris entre 1.2 et 1.3 ;
- aléa très élevé pour  $\tau$  compris entre 1.3 et 1.4.

La cartographie des effets de site topographiques ainsi obtenue est présentée sur la Figure 5.

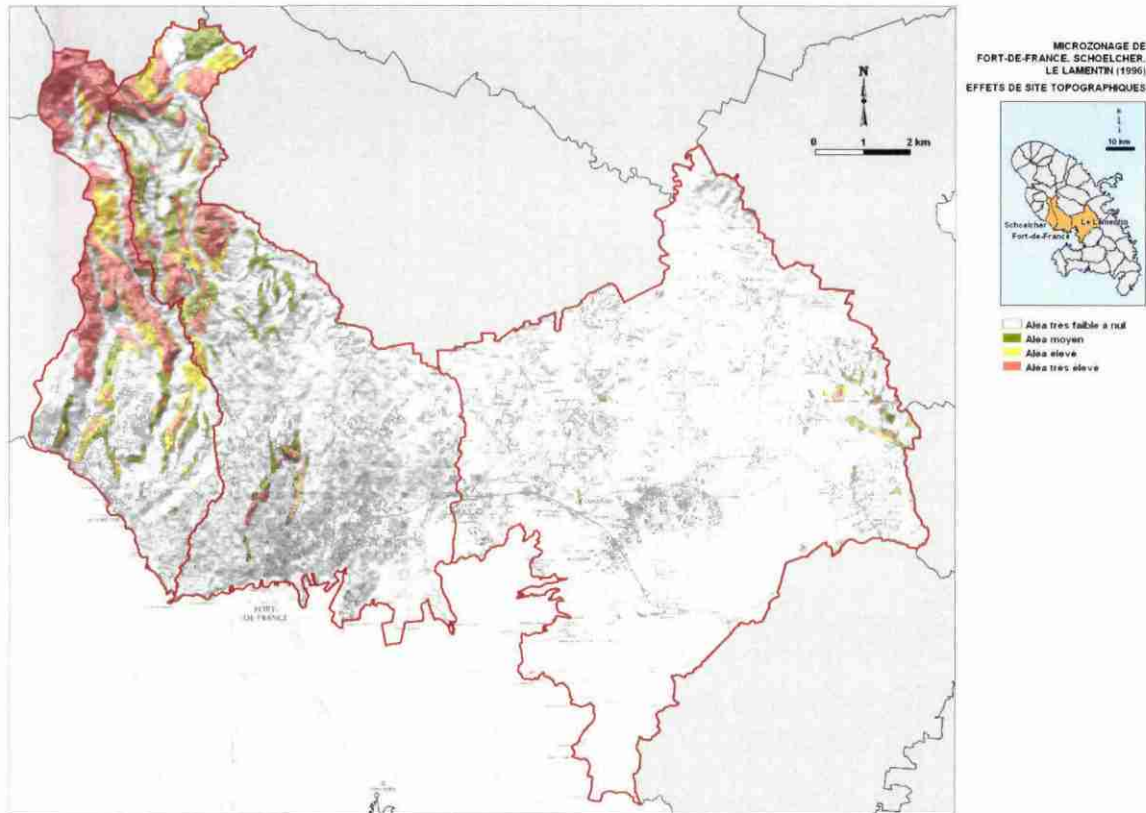


Figure 5 : Cartographie des effets de site topographiques. (Fond topographique : © IGN – scan 25).

#### 2.2.4. Liquéfaction

En géotechnique, on appelle liquéfaction le processus de modification de l'état d'un sol conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement par augmentation de la pression interstitielle. Pour qu'il y ait liquéfaction sous l'action d'un séisme, il faut :

- qu'il y ait susceptibilité du sol à la liquéfaction, c'est-à-dire qu'il soit plutôt granulaire, dans un état peu compact, peu contraint et situé sous la nappe ;
- qu'il y ait opportunité à la liquéfaction, c'est-à-dire que l'énergie des ondes émises pendant un séisme soit suffisante.

D'après les règles parasismiques PS92 (AFNOR, 1995), les critères d'identification des sols liquéfiables (susceptibilité qualitative) sont basés sur les paramètres suivants :

- pour les sables, sables vasards et silts :

- degré de saturation ;
- granulométrie ;
- contrainte verticale effective ;
- pour les sols argileux :
  - granulométrie ;
  - limite de liquidité ;
  - teneur en eau ;
  - indice de plasticité.

Les données géotechniques disponibles pour le microzonage de 1996 (en particulier les granulométries) étaient incomplètes et n'ont pas permis de déterminer de façon précise une susceptibilité qualitative à la liquéfaction sur l'ensemble de la zone. Pour pallier à ce problème, une cartographie de l'aléa liquéfaction a été réalisée en adoptant une méthodologie naturaliste simplifiée basée sur :

- une représentation cartographique de la répartition géographique des formations jugées dangereuses et leurs épaisseurs respectives ;
- un tracé manuel des zones sensibles à la liquéfaction en s'appuyant sur les données morphologiques, géologiques et lithologiques disponibles.

Dans la zone d'étude, deux formations ont été jugées dangereuses : les alluvions sableuses (AS) et les formations compressibles (FC). Deux autres formations, les formations superficielles (FS) et les formations volcaniques altérées moyennes (FVAM), bien que moins dangereuses, ont elles aussi été considérées comme sensibles et à examiner.

Quatre niveaux de sensibilité à la liquéfaction, représentés sur la Figure 6, ont ainsi été identifiés :

- le niveau 4 (aléa très fort) concernant les alluvions sableuses situées en dehors des zones de mangroves avec une épaisseur de plus de 10 m, et les sables de plage ;
- le niveau 3 (aléa fort) concernant les alluvions sableuses situées en dehors des zones de mangroves avec une épaisseur de moins de 10 m, et les formations de mangrove d'épaisseur supérieure à 10 m ;
- le niveau 2 (aléa moyen) concernant les formations de mangrove de moins de 10 m d'épaisseur ;
- le niveau 1 (aléa nul à faible) correspondant à l'absence probable de toute formation potentiellement liquéfiable.

Le manque de données géotechniques denses n'ayant pas permis de définir avec précision la susceptibilité à la liquéfaction telle qu'elle est définie dans les règles parasismiques PS92 (AFNOR, 1995), la cartographie réalisée en 1996 est considérée comme une cartographie d'orientation. Les résultats sont toujours valables et l'orientation proposée en 1996 ne sera pas actualisée ici. Cette cartographie pourra être améliorée sur la commune de Fort-de-France par l'étude de la liquéfaction qui sera menée par le BRGM dans les deux ans à venir.

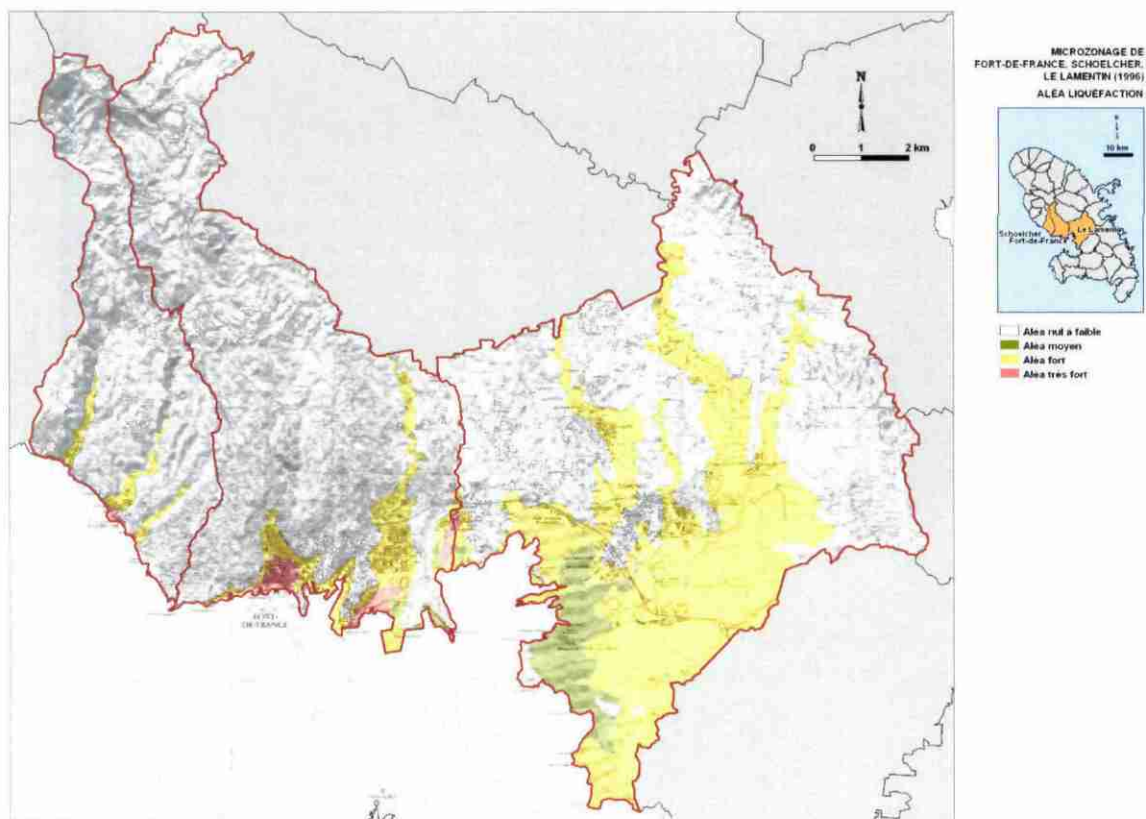


Figure 6 : Cartographie de l'aléa liquéfaction réalisée en 1996 sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher, Le Lamentin. (Fond topographique : © IGN – scan 25).

### 3. Adaptation du zonage actuel selon les EC8

L'actualisation du zonage sismique réalisé en 1996 ne concerne que les effets de site lithologiques. Cette actualisation se base sur l'application des classifications de sol selon les EuroCode 8 ou EC8 (AFNOR, 2005). La méthodologie est la suivante :

- collecte des nouvelles données géologiques et géophysiques disponibles depuis 1996 ;
- réalisation d'une campagne de mesures SASW et H/V en priorité sur les zones à effets de site (zones 1 à 6 du microzonage de 1996) ;
- pour chaque site investigué, estimation de la fréquence de résonance du site, du profil de vitesse de cisaillement  $V_s$  et, si possible, de l'épaisseur des couches meubles ;
- pour chaque site investigué, calcul du paramètre  $V_{S,30}$  ;
- pour chaque zone sismique du zonage de 1996, compilation des résultats collectés et attribution d'une classe de sol EC8 (AFNOR, 2005) à la zone considérée **sans modification des limites de zone** : si les résultats s'avèrent hétérogènes, c'est la classe de sol **la plus pénalisante qui est retenue** ;
- cartographie du zonage sismique au 1/25 000 selon les critères EC8 (AFNOR, 2005) avec fusion des zones d'une même classe de sol ;
- analyse des données enregistrées lors du séisme du 29/11/2007 en Martinique.

#### 3.1. DONNÉES DISPONIBLES

Depuis 1996, 18 nouveaux sondages d'une profondeur variant entre 10 et 42 m ont pu être valorisés dans le cadre de cette étude. Ces 18 sondages (Tableau 3) complètent les 740 analysés en 1996 et confirment les stratigraphies décrites alors.

Identifiant	Longitude	Latitude	Commune	Type	Date de réalisation
1173ZZ0058/SC1	-61.0899	14.7055	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	01/06/1997
1173ZZ0059/SC2	-61.0898	14.7056	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	01/06/1997
1173ZZ0060/SP1	-61.09	14.7056	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	13/06/1997
1173ZZ0061/SP2	-61.0898	14.7055	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	13/06/1997
1178ZZ1690/SC1	-61.0651	14.605	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	21/01/2005
1178ZZ1691/SC2	-61.0658	14.6048	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	24/01/2005
1178ZZ1692/SP1	-61.0655	14.6052	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	26/01/2005
1178ZZ1693/SP2	-61.0654	14.6049	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	28/01/2005
1178ZZ1694/SP3	-61.0653	14.6046	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	31/01/2005
1178ZZ1695/SC1	-61.0405	14.6261	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	26/05/2005
1178ZZ1696/SP1	-61.0405	14.6261	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	19/05/2005
1178ZZ1708/SC1	-61.0715	14.605	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	28/04/2005
1178ZZ1709/SC3	-61.071	14.6045	FORT-DE-FRANCE	SONDAGE	04/05/2005
1179ZZ0293/LAS5	-60.9702	14.6151	LAMENTIN(LE)	PIEZOMETRE	15/02/2005
1179ZZ0294/LAS6	-60.9741	14.6219	LAMENTIN(LE)	PIEZOMETRE	15/02/2005
1179ZZ0295/P1	-60.9727	14.6208	LAMENTIN(LE)	PIEZOMETRE	14/02/2005
1179ZZ0297/P3	-60.9813	14.6133	LAMENTIN(LE)	PIEZOMETRE	16/02/2005
1179ZZ0298/P4	-60.9813	14.6133	LAMENTIN(LE)	PIEZOMETRE	02/02/2005

Tableau 3 : Localisation des sondages BSS enregistrés depuis 1996.

La recherche bibliographique réalisée au BRGM n'a pas permis de compléter les données existantes en termes de données géophysiques ou géotechniques. En revanche, 22 mesures H/V correspondant soit aux stations accélérométriques existantes ou ayant existé, soit à des sites explorés en 2001, ont été récupérés (données en annexe 3).

### 3.2. CAMPAGNE DE MESURES GEOPHYSIQUES DE 2007

Les paramètres géomécaniques des colonnes de sol utilisées en 1996 pour le calcul des spectres spécifiques ont été déduits des données géologiques et géophysiques disponibles. Des vitesses moyennes dans les différentes couches de sol ainsi que des épaisseurs moyennes ont ainsi été définies. Néanmoins, ces données, très partielles comme cela a été souligné par Martin *et al.* (1994) pour la commune du Lamentin, ne permettent pas de calcul précis du paramètre  $V_{S,30}$ <sup>5</sup> utilisé dans les EC8 (AFNOR, 2005) pour classer les sols. Une campagne de mesures géophysiques destinée à compléter les informations a donc été programmée pour préciser en particulier l'épaisseur de la couche molle superficielle et le profil de vitesse d'ondes S dans les zones à effets de site. Deux types de mesures ont ainsi été réalisés : des mesures SASW (de Spectral Analysis of Surface Waves) pour définir le profil de vitesse d'ondes S et des mesures H/V bruit de fond pour définir la fréquence de résonance du site et en déduire, si possible, l'épaisseur de la couche molle en surface. La méthodologie employée pour ces deux types de mesures est brièvement décrite en annexe 1.

Les mesures H/V et SASW ont été effectuées en priorité sur des zones susceptibles de générer des effets de site lithologiques (zones 1 à 6 du microzonage sismique de 1996) comme le montre la Figure 7. Les mesures ont été réalisées essentiellement dans les zones peu couvertes par les données géophysiques antérieures, en particulier Schoelcher (zone Nord, où sont présentes les formations volcaniques altérées de la zone sismique 2, et zone côtière), et Le Lamentin à l'Est. Quelques mesures ont également été effectuées sur la commune de Fort-de-France, déjà bien couverte par les mesures H/V disponibles à ce jour, afin de préciser les profils de vitesse d'ondes S dans les zones à forts enjeux et détecter de possibles variations de vitesse dans une même zone sismique. Au total, 26 profils SASW et 30 mesures H/V ont été réalisés lors de cette campagne. Ces mesures sont présentées respectivement en annexe 2 et 3.

---

<sup>5</sup> Le paramètre  $V_{S,30}$  correspond à la vitesse moyenne des ondes S dans les 30 premiers mètres de profondeur. Il se calcule de la manière suivante :

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

où  $h_i$  et  $V_i$  représentent l'épaisseur et la vitesse des ondes S de la couche  $i$  sur un total de  $N$  couches présentes dans les 30 premiers mètres de profondeur.

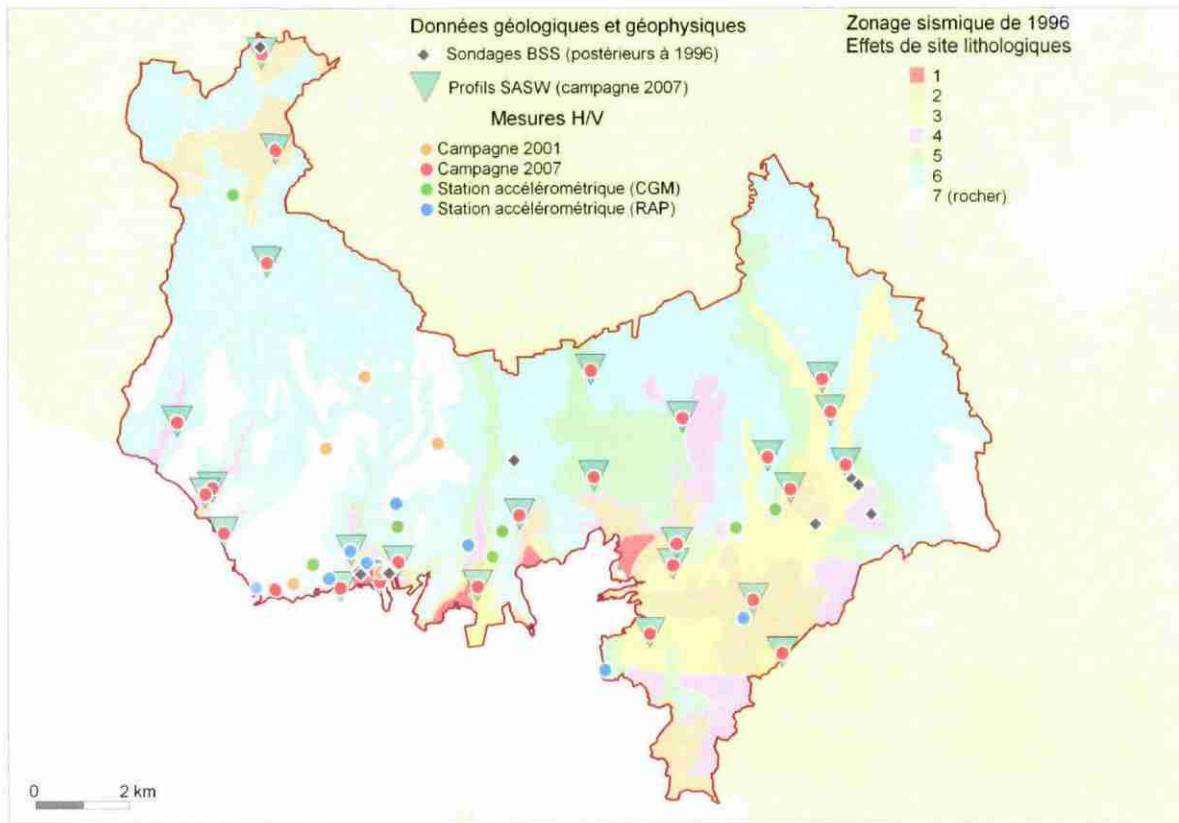


Figure 7 : Localisation des données géologiques et géophysiques utilisées pour l'actualisation du microzonage sismique de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin. Les points sont superposés au zonage sismique réalisé en 1996.

### 3.3. NOUVEAU ZONAGE SISMIQUE SELON LES EC8

Les classes de sol définies dans les règles parasismiques EC8 (AFNOR, 2005) sont basées sur la description du profil stratigraphique et 3 paramètres géomécaniques qui sont : la vitesse moyenne des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres de profondeur ( $V_{S,30}$ ), nombre de coups par essai de pénétration normalisé ( $N_{SPT}$ ), et résistance au cisaillement du sol non drainé ( $C_u$ ) (Tableau 4). Pour chacune des zones sismiques du zonage de 1996 et en l'absence de valeurs pour les paramètres  $N_{SPT}$  et  $C_u$ , la classification s'est faite en utilisant deux paramètres : la description du profil stratigraphique réalisé en 1996 et le paramètre  $V_{S,30}$ . En cas d'hétérogénéité des résultats pour une même zone, c'est la classe la plus pénalisante qui sera retenue, comme convenu avec le client. Par ailleurs, les classes  $S_1$  et  $S_2$ , correspondant aux sols liquéfiables, n'ont pas été considérées ici. En effet, la cartographie de l'aléa liquéfaction présentée dans la Figure 6 est une cartographie d'orientation, l'absence d'essais géotechniques n'ayant pas permis de déterminer la susceptibilité qualitative à la liquéfaction des formations considérées. En conséquence, il n'est pas possible, en l'état actuel des connaissances, de combiner cette carte avec la carte des effets de site lithologiques pour définir des zones correspondant aux classes  $S_1$  et  $S_2$  des EC8.

Il est à noter que les limites de zone n'ont pas été modifiées conformément au cahier des charges. Par contre, les zones sismique définies en 1996 et appartenant à une même classe de sol EC8 ont été fusionnées pour le zonage final.

L'étude réalisée en 1996 se basant sur une analyse approfondie de la géologie de la zone d'étude et des logs géologiques disponibles dans la BSS, l'analyse de la géologie

superficielle n'a pas été refaite et les profils stratigraphiques proposés en 1996 ont été repris sans modification. La coupe géologique simplifiée tirée du rapport de Godefroy et Mouroux (1991) et présentée en annexe 2 permet néanmoins d'illustrer la géométrie des formations superficielles rencontrées dans la zone d'étude et la variabilité de la topographie. Pour une analyse poussée de la géologie superficielle, il convient de se référer à ce rapport. Pour chaque profil SASW réalisé sur la zone d'étude, une brève description de la géologie superficielle, des sondages de la BSS et une interprétation du profil SASW est disponible en annexe 2.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (bl/30cm)	$c_u$ (kPa)
A	Rocher ou tout autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	> 800	–	–
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile surconsolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	360 – 800	> 50	> 250
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.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
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.	< 180	< 15	< 70
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			
S <sub>1</sub>	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ( $PI > 40$ ) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	–	10 - 20
S <sub>2</sub>	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S <sub>1</sub>			

Tableau 4 : Classification des sols selon les EC8 (AFNOR, 2005).

Les profils SASW ont été interprétés en termes de  $V_{s,30}$  (Tableau 5).

Pour chaque profil, les mesures H/V réalisées à proximité ont été interprétées afin de déterminer la fréquence de résonance du site (Tableau 6) et de confronter les résultats obtenus au profil de vitesse correspondant. Quand cela était possible et en supposant un milieu stratifié horizontal à une couche, l'épaisseur H de la couche superficielle a été déduite de la fréquence de résonance  $f_0$  et de la vitesse  $V_s$  des ondes S dans la couche superficielle en utilisant la formulation suivante :

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

L'analyse conjointe des données H/V et SASW a permis de vérifier la cohérence des résultats avec le zonage réalisé en 1996 et de repérer d'éventuelles hétérogénéités de sol

au sein d'une même zone (Figure 8). La zone 2, regroupant des formations de natures différentes (voir § 2.2.2), a notamment été étudiée avec attention. Les résultats sont commentés zone par zone dans les paragraphes suivants.

LOCALISATION	Latitude	Longitude	Zonage 1996	Vs,30 (m/s)	Commentaire
Stade Dillon	14.60196	-61.04805	1	162	
Stade La Médaille	14.70421	-61.0895	2	221	
Hôpital psychiatrique de Colson	14.68583	-61.087	2	202	
La Lézarde (derrière DDE, bord de la mangrove)	14.60976	-61.0085	2	205	
Lareinty	14.5989	-60.9936	2	146	
Hippodrome	14.58857	-60.98795	2	146	
Stade de foot Pointe Simon	14.60197	-61.07511	2	246	
Bochette	14.64116	-60.97971	3	244	
Stade Place d'Armes	14.62005	-60.98611	3	249	limite zone 2
Petit Morne (poste électrique)	14.62473	-60.97529	3	178	
SDPI La Lézarde (bord de la mangrove)	14.60565	-61.00927	3	238	
Marina Port Cohé	14.59259	-61.01393	3	290	
Fond Lahaye	14.63381	-61.10697	4	617	limite zone 6
Anse Madame	14.62115	-61.10019	4	387	
Stade de foot Anse Madame	14.62001	-61.10168	4	587	limite zone 6
Plage Madiana	14.61247	-61.09805	4	228	
Long Pré (stade de foot)	14.63391	-61.00713	4	201	
La Savane	14.60312	-61.06723	4	241	
Parc Floral	14.60895	-61.07291	4	112	
Stade de foot de la Folie	14.6068	-61.06358	4	157	
Basse Gondeau	14.62272	-61.02488	5	271	
Stade de foot Balata (stand de tir)	14.66422	-61.08898	6	344	
Bochette	14.6349	-60.97819	6	250	
Mangot Vulcin	14.62629	-60.99044	6	312	

Tableau 5 : Interprétation des profils SASW en termes de  $V_{s,30}$ .

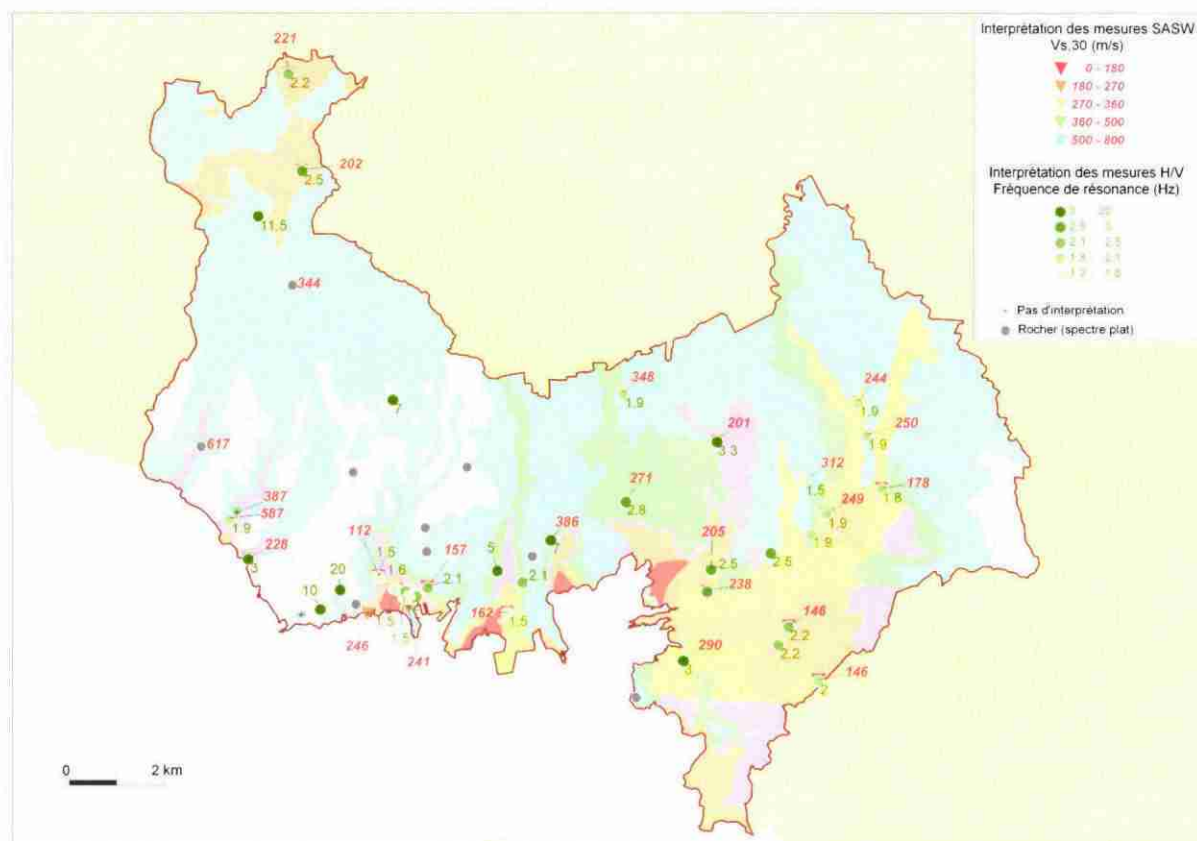


Figure 8 : Synthèse des interprétations des données SASW et H/V. Les points sont superposés au zonage sismique de 1996 (mêmes zones que sur la Figure 7).

ID	LOCALISATION	Latitude (°)	Longitude (°)	Zonage 1996	f0 (Hz)	Notes
23	Stade Dillon	14.60196	-61.04805	1	1.5	
28	Théâtre	14.60658	-61.06962	1	1.5	
29	Préfecture	14.60505	-61.06809	1	1.5	limite zone 2
MTHA	Théâtre	14.6067	-61.0699	1	1.5	
1	Stade La Médaille	14.70421	-61.0895	2	2.2	
2	Hôpital psychiatrique de Colson	14.68583	-61.087	2	2.5	
16	DDE La Lézarde (bord de la mangrove)	14.60976	-61.0085	2	2.5	
20	Lareinty	14.5989	-60.9936	2	2.2	
21	Hippodrome	14.58857	-60.98795	2	2	
31	Stade de foot Pointe Simon	14.60197	-61.07511	2	-	
MALA	Météo France Aéroport - Le Lamentin	14.59547	-60.99558	2	2.2	
MPRA	Préfecture	14.6062	-61.0678	2	2.1	
MCAA	Carénage	14.6052	-61.067	2	2	
52	Ecole Emilie Fordant	14.6049	-61.06713	2	1.2	
9	Bochette	14.64116	-60.97971	3	1.9	
12	Stade Place d'Armes	14.62005	-60.98611	3	1.9	limite zone 2
13	EDF Petit Morne	14.62473	-60.97529	3	1.8	
15	SDPI La Lézarde (bord de la mangrove)	14.60565	-61.00927	3	2.5	
19	Marina Port Cohé	14.59259	-61.01393	3	3	
CGPB	Collège Petit-Manoir	14.61277	-60.996883	3	2.5	limite zone 6
CGPA	Collège Place d'Armes	14.61627	-60.989067	3	1.9	limite zone 5
4	Fond Lahaye	14.63381	-61.10697	4	0	limite zone 6
5	Anse Madame	14.62115	-61.10019	4	-	
6	Stade de foot Anse Madame	14.62001	-61.10168	4	1.9	limite zone 6
7	Plage Madiana	14.61247	-61.09805	4	3	
14	Long Pré (stade de foot)	14.63391	-61.00713	4	3.3	
25	La Savane	14.60312	-61.06723	4	-	
26	Parc Floral	14.60895	-61.07291	4	1.5	
27	Stade de foot de la Folie	14.6068	-61.06358	4	2.1	
MEXA	Exotarium	14.609	-61.0731	4	1.6	
CGAT	Centre Culturel Atrium	14.605241	-61.065703	4	2.1	limite zone 2
18	Basse Gondeau	14.62272	-61.02488	5	2.8	
MDIA	Dillon	14.6099	-61.0499	5	5	
CGDB	Collège Dillon 1	14.60767	-61.045017	5	2.1	
3	Stade de foot Balata (stand de tir)	14.66422	-61.08898	6	0	
10	Bochette	14.6349	-60.97819	6	1.9	
11	Mangot Vulcin	14.62629	-60.99044	6	1.5	
17	Gondeau	14.64317	-61.02524	6	1.9	
22	Jambette	14.61558	-61.03953	6	0	
30	Jambette	14.61558	-61.03953	6	7	
MBRA	BRGM	14.6038	-61.0773	6	0	
CGDD	Collège Dillon 2	14.61254	-61.04297	6	0	
CGAS	Centre thermal Absalon	14.67732	-61.095567	6	11.5	
CGCO	Immeuble Concorde	14.61362	-61.06365	6	0	
MAZM	Zone aéro-militaire	14.5857	-61.02303	6	0	
24	BRGM	14.60168	-61.08787	7	-	
MAME	Météo Fort Desaix	14.61806	-61.06388	7	0	
CGAB	Archives Départementales	14.606568	-61.080394	7	20	
66	Parc Naturel Régional	14.64238	-61.06987	7	7	
47	Ecole Plateau Didier	14.62871	-61.0776	7	0	
57	Radio Balisier	14.62951	-61.05566	7	0	
58	Stade Louis Achille	14.60289	-61.08425	7	10	

Tableau 6 : Interprétation des mesures H/V en termes de fréquence de résonance ( $f_0$ ). Les fréquences de résonance nulles correspondent aux sites ne présentant pas d'effet de site (rapport H/V plat). Les tirets indiquent que le rapport H/V n'est pas interprétable.

### 3.3.1. Zone 1

Dans le zonage de 1996 (voir point 2.2.2), la zone 1 est décrite comme des « sols mous (argiles) ou lâches (sables) de grande épaisseur ( $h > 20$  m) et de faible vitesse d'onde S ( $V_s$  comprise entre 150 et 250 m/s) ».

Au centre ville de Fort-de-France, les fréquences de résonance obtenues sont très basses, de l'ordre de 1.5 Hz, ce qui confirme les fortes épaisseurs considérées en 1996. Aucun profil sismique n'a été réalisé au centre pour des problèmes d'accessibilité mais les profils réalisés dans les environs (Parc Floral, La Savane, stade de la Pointe Simon) donnent des vitesses d'onde S comprises entre 100 et 250 m/s en surface. Si l'on considère un milieu 1D monocouche, ces vitesses correspondent à des épaisseurs de couche superficielle comprises entre 20 et 40 m environ.

A l'Est de Fort-de-France (embouchure de Rivière-Monsieur), les résultats sont similaires avec une fréquence de résonance de 1.5 Hz, un paramètre  $V_{S,30}$  de l'ordre de 160 m/s et une épaisseur de couche superficielle de l'ordre de 30 à 35 m.

Les résultats obtenus sont donc homogènes et cohérents avec le zonage réalisé en 1996. Étant donné les très faibles vitesses de cisaillement observées, **la zone 1 correspond à la classe D des EC8.**

### 3.3.2. Zone 2

Dans le zonage de 1996 (voir point 2.2.2), la zone 2 est une zone composite qui correspond à des « sols mous (argiles) ou lâches (sables) de la zone 1 avec des épaisseurs comprises entre 10 et 20 m. Cette zone constitue une zone de transition entre la zone 1 et les autres zones. Elle correspond également aux formations alluvionnaires plus compactes que les précédentes présentant des épaisseurs significatives ( $h > 15$  m) et dont la réponse sismique est très comparable. Un troisième type de formation est rattaché à cette zone. Il s'agit des formations volcaniques altérées de caractéristiques médiocres à moyennes, de très forte épaisseur ( $h > 20$  m) que l'on trouve dans la partie Nord de la commune de Fort-de-France ».

Nous avons étudié en premier lieu la zone située au Nord-Ouest de la zone d'étude et correspondant aux formations volcaniques altérées décrites ci-dessus. Dans cette zone, les fréquences de résonance observées sont comprises entre 2.2 et 2.5 Hz. Les vitesses de cisaillement mesurées en surface donnent un  $V_{S,30}$  de l'ordre de 200 à 220 m/s. Les vitesses obtenues sont donc beaucoup plus faibles que celles considérées en 1996 (de l'ordre de 500 m/s) : leur résistance mécanique est probablement plus faible que prévue, notamment en surface. Sous la couche superficielle, d'une épaisseur variant entre 10 et 20 m, on retrouve des matériaux avec des vitesses de cisaillement avoisinant les 400 m/s, ce qui semble en accord avec les valeurs de vitesse et le profil stratigraphique considérés en 1996. Le substratum sismique (avec une vitesse d'onde S supérieure à 800 m/s) n'a pas été atteint par la SASW. Pour cette zone, les valeurs de  $V_{S,30}$  correspondent à un sol de classe C.

Sur la commune de Fort-de-France, au centre ville, les mesures montrent que nous sommes en présence de sols mous à lâches avec des vitesses de cisaillement comprises entre 150 et 300 m/s. Ceci est en accord avec les valeurs considérées en 1996 (entre 180 et 230 m/s). Les profils SASW réalisés dans la zone (Pointe Simon) ou à proximité (La Savane) présentent des inversions de vitesse qui rendent l'inversion des données assez complexe : les valeurs de vitesse obtenues sont donc à interpréter avec précaution. Les rapports H/V calculés sur la zone présentent des valeurs basse fréquence assez variables, de 1.2 à 2 Hz, indiquant des épaisseurs importantes pour la couche responsable de la résonance. Vu la complexité des profils SASW, l'épaisseur des couches superficielles n'a pas pu être déduite des valeurs de fréquence de résonance. Malgré les incertitudes sur les profils SASW, les vitesses de cisaillement obtenues en surface, les paramètres  $V_{S,30}$  correspondants et le profil stratigraphique décrit en 1996 indiquent un sol de classe C selon les EC8.

Enfin, sur la commune du Lamentin, les rapports H/V calculés sur la zone 2 donnent des fréquences de résonance de 1.9 à 2.5 Hz. Les profils SASW de Place d'Armes, Lareinty, et la Lézarde (site de la DDE) indiquent la présence d'un sol mou en surface avec des vitesses

inférieures à 200 m/s et une épaisseur de l'ordre de la dizaine de mètres surmontant un sol avec des vitesses de cisaillement progressant de 200 à 400 m/s. En ce qui concerne l'hippodrome, le profil de vitesse indique un sol mou ( $V_s$  entre 150 et 200 m/s) sur une très forte épaisseur, en contradiction avec la fréquence de résonance obtenue (2 Hz) qui correspondrait plutôt à une épaisseur de la couche superficielle molle de l'ordre de 20 à 25 m. La présence d'inversions de vitesses sur le profil SASW pourrait expliquer l'incohérence entre les données SASW et H/V. Les paramètres  $V_{s,30}$  obtenus au Lamentin varient donc entre 200 et 250 m/s (si l'on excepte la valeur obtenue à l'hippodrome pour cause d'incertitude liée à des problèmes d'inversion), ce qui classe cette zone en classe C selon les critères EC8.

Enfin, quel que soit le type de formations considéré, **la zone 2 correspond à un sol de classe C selon les EC8.**

### 3.3.3. Zone 3

Dans le zonage de 1996 (voir point 2.2.2), la zone 3 correspond à « *des sols mous (argiles) ou lâches (sables) correspondant aux formations FS, FC ou AS, d'épaisseur comprise entre 5 et 10 m, reposant sur les formations sous-jacentes (AC, FVAM, FVAR et SF) d'épaisseur totale supérieure à 40 m* ».

C'est au Lamentin que cette zone est la plus représentée et c'est sur cette commune qu'ont été effectuées les mesures H/V et SASW pour la caractériser.

Les fréquences de résonance obtenues sur la zone varient entre 1.8 et 3 Hz du Nord au Sud, indiquant des couches molles superficielles profondes au Nord et un peu plus superficielles au Sud, à proximité de l'aéroport et de La Lézarde. Les 4 profils SASW réalisés sur la zone (à Bochette, Petit Morne, La Lézarde (SDPI) et à la Marina de Port Cohé) sont similaires. Ils montrent une couche relativement molle sur les 10 à 20 premiers mètres ( $V_s$  de 100 à 300 m/s) surmontant une couche plus raide avec une augmentation croissante de la vitesse avec la profondeur (à 30 m de profondeur, on a des vitesses de cisaillement comprises entre 350 et 500 m/s, ce qui est cohérent avec les vitesses des formations AC et FVAM décrites en 1996). Le substratum sismique n'est pas atteint par les profils SASW. Globalement, le profil stratigraphique moyen décrit en 1996 correspondant à une couche molle superficielle (alluvions), d'épaisseur limitée, surmontant une forte épaisseur de matériau plus raide (roche volcanique altérée), reste valable.

Les valeurs du paramètre  $V_{s,30}$  sont donc comprises entre 180 m/s et 300 m/s, **ce qui permet de classer la zone 3 en classe C selon les EC8.**

### 3.3.4. Zone 4

La zone 4 est similaire à la précédente avec des formations sous-jacentes d'épaisseur inférieure ou égale à 40 m.

A Schoelcher, cette zone est correspond notamment aux vallées alluvionnaires de Fond Lahaye, Case-Navire (comprenant le bourg de Schoelcher) et la partie sud de la ravine Touza (zone de Madiana). Les résultats H/V et SASW sont très variables d'un site à l'autre, indiquant une grande hétérogénéité des formations considérées. Les variations latérales d'épaisseur de couches s'expliquent notamment par la topographie accidentée de la zone avec des fonds de vallée très encaissés. A Fond Lahaye (profil 4, Figure 9), le site investigué se caractérise par une augmentation régulière de la vitesse des ondes de cisaillement avec la profondeur et un substratum sismique atteint vers 15 m de profondeur, soit à une profondeur moindre que celle attendue. Ceci s'explique par la morphologie de la zone avec

un fort remplissage sédimentaire près de la côte (zone 4) et la présence de colluvions sur les pentes des reliefs avoisinants, colluvions dont l'épaisseur diminue avec l'altitude (passage de la zone 6 à 7). La mesure réalisée à Fond Lahaye (profil 4) étant situé dans la partie amont de la zone 4 et à la limite entre le fond de vallée et le relief, l'épaisseur des couches meubles en surface y est moins épaisse qu'en zone côtière. Ce site, situé à moins de 25 m de distance de la limite entre les zones 4 et 6, n'est donc probablement pas représentatif de la zone 4 mais plutôt de la zone 6. Au niveau de Case Navire – Anse Madame, on retrouve le même problème sur le site du stade municipal (profil 6) qui correspond à du rocher et qui a été réalisé à moins de 50 m de la limite avec la zone 6. Là encore, ce profil n'est probablement pas représentatif de la zone 4.

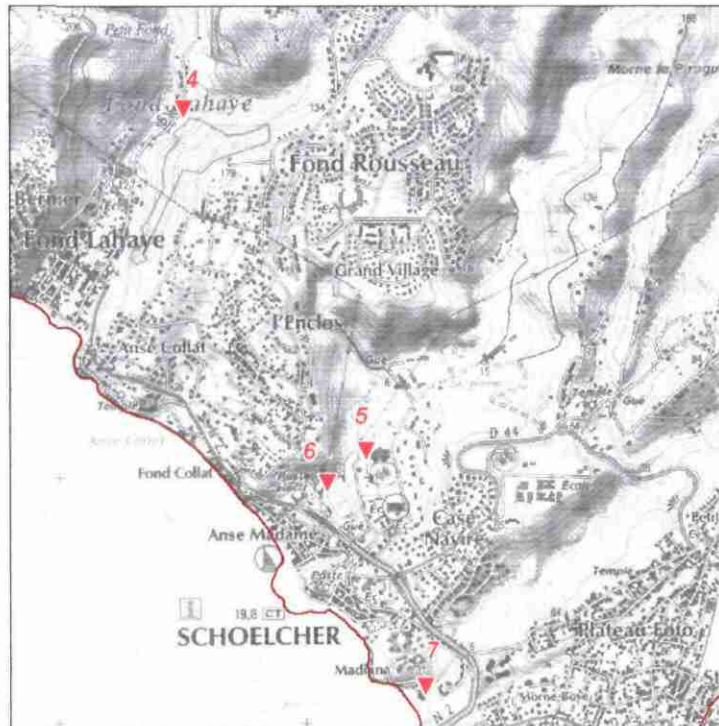


Figure 9 : Localisation des profils SASW réalisés à Schoelcher. (Fond topographique : © IGN – scan 25).

Les deux autres profils réalisés à Schoelcher (à Anse Madame (profil 5) et sur la plage de Madiana (profil 7)), quant à eux, sont cohérents avec le profil stratigraphique décrit en 1996 puisque l'on observe une très faible couche de matériau meuble en surface (moins de 10 m d'épaisseur) surmontant un matériau plus raide dont les propriétés mécaniques augmentent avec la profondeur. Les valeurs de vitesse obtenues pour ces deux profils sont très hétérogènes avec des vitesses allant de 100 à 300 m/s en surface et de 350 à 650 m/s dans la couche sous-jacente vers 30 m de profondeur. Cela se traduit par une variation importante du paramètre  $V_{S,30}$  compris entre 230 et 390 m/s.

A Fort-de-France et au Lamentin, les mesures réalisées confirment l'hétérogénéité des formations rencontrées dans cette zone. En effet, les fréquences de résonance observées varient entre 1.5 et 3.3 Hz ce qui induit des variations de vitesse et/ou d'épaisseur des couches importantes. Les valeurs du paramètre  $V_{S,30}$  varient entre 110 et 240 m/s. Pour Le Lamentin (au stade de Long Pré), on retrouve néanmoins le profil stratigraphique décrit en 1996 avec une formation meuble en surface sur une quinzaine de mètres d'épaisseur surmontant une formation un peu plus raide ( $V_s$  comprise entre 300 et 400 m/s). Pour Fort-de-France, les inversions des profils SASW ont été compliquées par la présence d'inversions de vitesse ce qui rend les résultats incertains. On observe néanmoins des vitesses très

lentes en surface (entre 100 et 200 m/s) pour les couches molles superficielles, indiquant une très faible résistance mécanique.

En conclusion, les mesures géophysiques réalisées sur cette zone indiquent une grande hétérogénéité des vitesses des formations rencontrées, et par conséquent, des valeurs du paramètre  $V_{s,30}$ , compris entre 110 et 390 m/s. La valeur la plus faible de 110 m/s (au Parc Floral) étant sujette à caution du fait des problèmes d'inversion rencontré pour ce profil, les valeurs calculées correspondent donc à des sols de classe B à C. **C'est donc la classe C, la plus pénalisante, qui est retenue pour la zone 4.**

### 3.3.5. Zone 5

Dans le zonage de 1996 (voir point 2.2.2), la zone 5 correspond à des « *sols mous (argiles) à lâches (sables) des formations FS, FC ou AS, de faible épaisseur, reposant sur des alluvions plus compactes d'épaisseur inférieure à 15 m* ». Elle est donc très similaire aux zones 3 et 4 en ce qui concerne les formations et la stratigraphie attendues et ne diffère d'elles que par les épaisseurs de couches.

Le seul profil SASW réalisé sur la zone (à Basse Gondeau) indique la présence d'une couche molle en surface ( $V_s$  de l'ordre de 200 m/s) sur 10 à 15 m d'épaisseur, surmontant une couche plus raide ( $V_s$  de l'ordre de 500 m/s) dont les propriétés mécaniques augmentent avec la profondeur. Ce profil est cohérent avec la fréquence de résonance de 2.8 Hz mesurée sur ce site. Le substratum sismique n'a pas été atteint par les profils réalisés. Les épaisseurs de couche observées semblent plus importantes que celles décrites dans le profil stratigraphique de 1996. Les variations des fréquences de résonance observées (entre 2.1 et 5 Hz) indiquent des variations des épaisseurs et vitesses des couches importantes.

Par souci de cohérence avec les zones 3 et 4, et au vu de la valeur de  $V_{s,30}$  obtenue à Basse Gondeau, inférieure à 300 m/s, **cette zone est également considérée comme appartenant à la classe C selon les EC8.**

### 3.3.6. Zone 6

Dans le zonage de 1996 (voir point 2.2.2), la zone 6 correspond aux « *formations volcaniques altérées d'épaisseur inférieure à 20 m, surmontant les formations raides ou rocheuses* ».

Cette zone, très étendue, regroupe des zones très accidentées avec des pentes pouvant aller jusqu'à 50 % à certains endroits (flanc Est du plateau de Didier par exemple). Cette zone se caractérise majoritairement par la présence de formations volcaniques plus ou moins altérées en surface. Les degrés et formes d'altération (argiles, ponces remaniées, conglomérats, tuffites altérées, etc...) étant très variables d'une zone à l'autre, cette zone présente de fortes hétérogénéités en termes de réponse sismique.

Sur les communes de Schoelcher et de Fort-de-France, les sites de la zone 6 sur lesquels nous disposons de mesures H/V soit ne présentent pas d'effet de site notable, soit présentent une résonance très haute fréquence (supérieure à 7 Hz) correspondant à des couches superficielles d'épaisseur très faible. Pour les sites investigués au Lamentin, les mesures H/V sont difficiles à interpréter puisque l'on observe une fréquence de résonance comprise entre 1.5 et 1.9 Hz (ce qui semble indiquer un contraste de vitesse profond) alors que les profils SASW indiquent une augmentation graduelle des propriétés mécaniques avec la profondeur. Il est possible qu'un horizon profond (au-delà de 40 m de profondeur) soit responsable de ces résonances mais cela reste à confirmer. Toutefois, cela n'influence pas

la classification des sols selon les EC8 qui ne considèrent que les 30 premiers mètres de profondeur. Les profils SASW réalisés sur la zone 6 sont assez variables et montrent trois types de configuration : soit des sites rocheux comme au stade de Anse Madame ( $V_s > 800$  m/s), soit des sites avec des matériaux raides pouvant correspondre à des andésites altérées comme à Balata ou dans la zone industrielle de Jambette ou encore à Gondeau, soit des sites avec une couche molle ( $V_s$  de l'ordre de 200 à 300 m/s, probablement des argiles) sur les 10 à 15 premiers mètres surmontant une formation raide ( $V_s$  supérieure à 500 m/s) dont les propriétés mécaniques augmentent rapidement avec la profondeur comme c'est le cas à Bochette et Mangot Vulcin. Tous ces cas de figure sont compatibles avec le profil stratigraphique décrit en 1996.

En conclusion, les valeurs de  $V_{s,30}$  obtenues pour cette zone varient de 310 à 620 m/s selon le type de configuration de site rencontrée. Les deux premiers types correspondent à la classe B des EC8 alors que le troisième type (avec la couche molle en surface) correspond à la classe E. **C'est donc la classe E, la plus pénalisante, qui est retenue pour cette zone.**

### 3.3.7. Nouveau zonage EC8

La correspondance entre les zones sismiques de 1996 et les classes de sol EC8 (AFNOR, 2005) est synthétisée dans le Tableau 7. Le zonage résultant selon les EC8 est représenté sur la Figure 10 et dans l'annexe 4 (en format A3). Une carte du zonage au 1/25 000 est également annexée à ce rapport.

Zone spécifique selon le zonage sismique de 1996	Classe EC8 correspondante
1	D
2	C
3	C
4	C
5	C
6	E
7 (rocher)	A

Tableau 7 : Correspondance entre le zonage réalisé en 1996 et le zonage selon les classes de sol des EC8 décrites dans le Tableau 4.

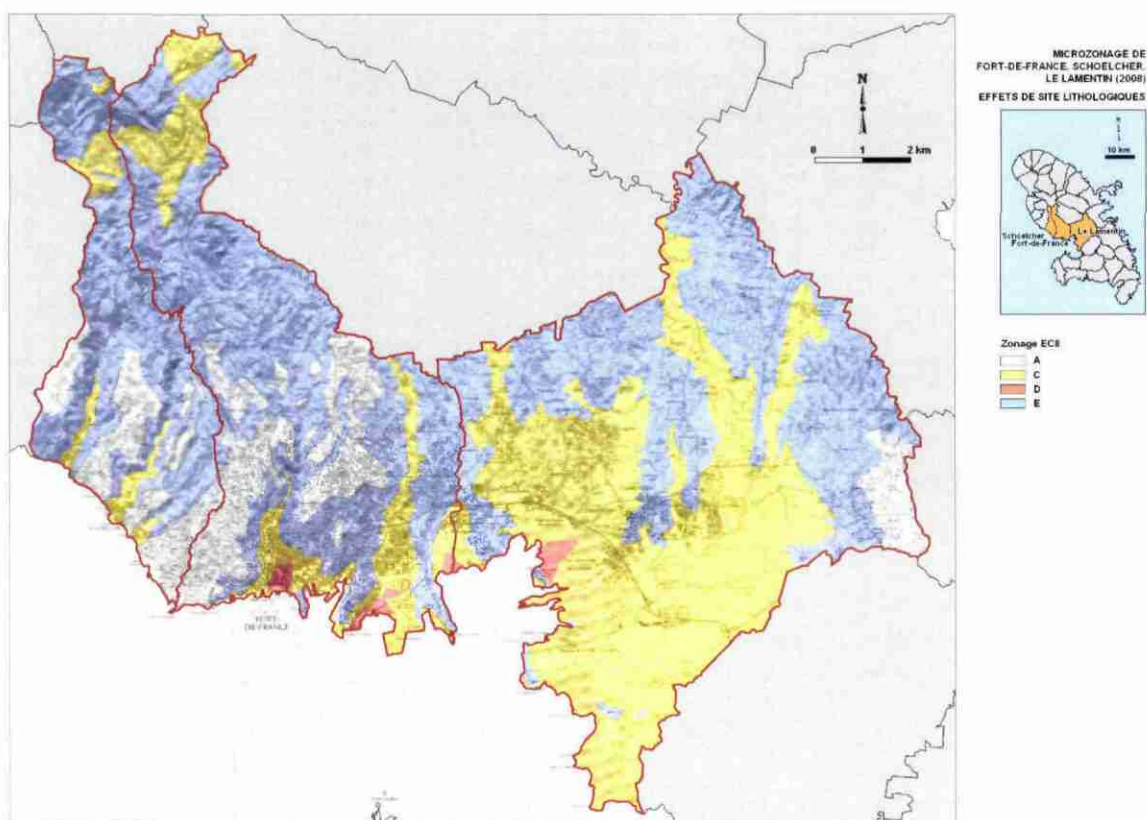


Figure 10 : Zonage des communes de Fort-de-France, Schoelcher et du Lamentin selon les EC8 après adaptation du zonage réalisé en 1996. Une version en format A3 est disponible dans l'annexe 4. (Fond topographique : © IGN – scan 25).

Le zonage sismique réalisé suivant les critères EC8 (AFNOR, 2005) pour la caractérisation des sols permet de simplifier le zonage final en limitant le nombre de zones sismiques homogènes à 4 au lieu des 7 proposées en 1996.

En contrepartie, des zones ayant des profils stratigraphiques distincts et des réponses sismiques différentes ont toutes été classées dans la même classe de sol (il s'agit des zones 2 à 5, classées en classe C). Si le zonage EC8 est conservé par la suite, elles seront donc toutes caractérisées par le même spectre forfaitaire. Ce problème est inhérent à la classification même des sols EC8. En effet, cette classification est basée sur le calcul de la vitesse moyenne des ondes S dans les 30 premiers mètres de profondeur (paramètre  $V_{S,30}$ ) et ne permet pas de prendre en compte les couches profondes. C'est particulièrement vrai pour les zones 1, 3 et 4 (et dans une moindre mesure pour la zone 2) qui présentent de très fortes épaisseurs de formations de caractéristiques mécaniques médiocres à moyennes, pouvant atteindre des épaisseurs supérieures à 40 m. Dans ce cas, le calcul d'un spectre spécifique propre à chaque zone permet de mieux tenir compte des variations d'épaisseur et de vitesse des formations rencontrées.

### 3.4. COMPARAISON DES SPECTRES DE RÉPONSE SPÉCIFIQUES AVEC LES SPECTRES DE RÉPONSE FORFAITAIRES EC8

Pour chacune des zones du zonage de 1996, nous avons comparé les spectres spécifiques proposés en 1996 et les spectres forfaitaires des EC8 (AFNOR, 2005). La future réglementation basée sur les EC8 n'ayant pas encore été publiée officiellement, nous utilisons ici la valeur d'accélération de calage proposées par le GEPP (Groupe d'Études et

de Propositions pour la Prévention du risque sismique en France), instance du Conseil Général des Ponts et Chaussées chargée par l'administration de préparer la future réglementation parasismique. Cette valeur est de 0.3 g pour les zones de sismicité forte (c'est-à-dire les Antilles) du nouveau zonage probabiliste présenté en 2005 par le MEDAD. A noter que **cette valeur n'est pas encore réglementaire et peut donc être modifiée dans les textes définitifs.**

Les spectres de réponse en accélération  $S_e(T)$  des EC8 pour les composantes horizontales sont définis de la façon suivante (Figure 11) :

- pour  $0 \leq T \leq T_B$  :  $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot [1 + T/T_B \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1)]$  ;
- pour  $T_B \leq T \leq T_C$  :  $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$  ;
- pour  $T_C \leq T \leq T_D$  :  $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 [T_C/T]$  ;
- pour  $T_D \leq T \leq 4 \text{ s}$  :  $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 [T_C T_D/T^2]$ .

Avec :

- T période (en secondes) ;
- $a_g$  accélération de calcul pour un sol de classe A (rocher) (prise ici égale à 0.3 g d'après les recommandations du GEPP et en considérant le bâti de catégorie d'importance II) ;
- S paramètre du sol ;
- $\eta$  coefficient de correction de l'amortissement avec la valeur de référence  $\eta=1$  pour 5% d'amortissement visqueux.

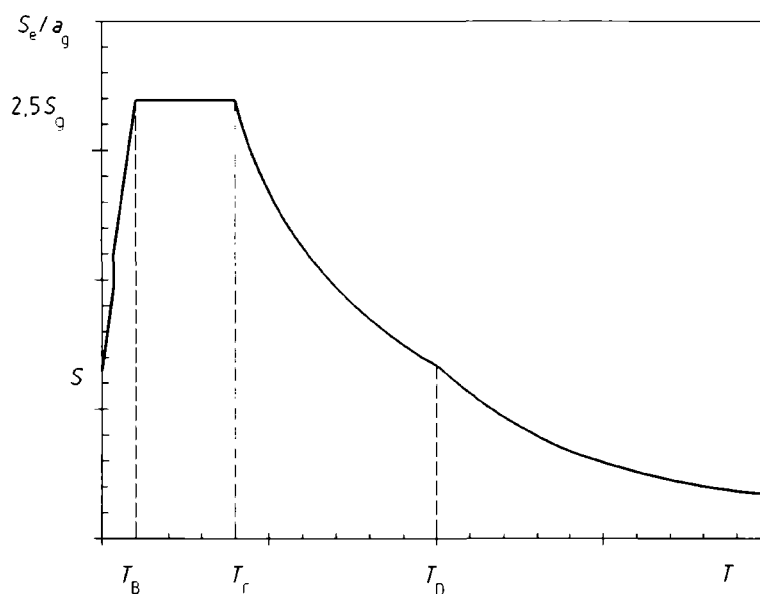


Figure 11 : Forme générale du spectre de réponse élastique (d'après les règles parasismiques EC8) à 5% d'amortissement.

Les valeurs définissant les spectres EC8 de type 1 (correspondant à une magnitude  $M_s$  supérieure à 5.5, donc adapté au cas des Antilles) sont les suivantes :

Classe de sol	S	TB (s)	TC (s)	TD (s)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Tableau 8 : valeurs des paramètres décrivant les spectres de réponse élastique de type 1 recommandés par les EC8 (AFNOR, 2005).

La Figure 12, la Figure 13 et la Figure 14 présentent la comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres forfaitaires EC8 pour chaque zone du zonage de 1996. **Attention, les spectres EC8 présentés ici ne sont pas encore réglementaires et peuvent encore subir des modifications.** Les résultats sont commentés zone par zone.

Pour la zone 1, le spectre EC8 est plus pénalisant que le spectre spécifique pour les périodes inférieures à 0.9 s. Au-delà, c'est le spectre spécifique qui devient le plus pénalisant.

Pour les zones 2 et 3, les spectres EC8 sont moins pénalisants que les spectres spécifiques de 1996 sur toutes les périodes considérées.

Pour la zone 4, le spectre EC8 est le moins pénalisant jusqu'à 0.57 s. Au-delà, les deux spectres sont très voisins.

Pour les zones 5, 6 et 7 (rocher), les spectres EC8 sont plus pénalisants que les spectres spécifiques sur l'ensemble des périodes considérées.

Les 4 spectres forfaitaires correspondant au zonage actualisé selon les critères de sol EC8 sont présentés en Figure 15.

Si l'on considère les rapports entre les accélérations maximales, les différences entre spectres spécifiques et spectres EC8 sont modérées pour les zones 1, 2 et 5 (facteur multiplicatif entre accélérations maximales inférieur à 1.2) mais sont particulièrement importantes pour les zones 3, 4, 6 et 7 (rocher) (facteur multiplicatif entre accélérations maximales compris entre 1.2 pour la zone 3 et 1.6 pour la zone 6).

La zone 6 du microzonage de 1996, correspondant à des formations volcaniques superficielles altérées est très hétérogène et présente des profils de vitesse d'ondes S très variables. Comme défini au paragraphe 3.3.6, ces profils correspondent aux classes de sol B et E selon les critères de classification des EuroCode 8. Comme défini dans le cahier des charges initial, cette zone a donc été considérée comme appartenant à la classe E des EC8 (classe la plus pénalisante). Cette classification s'avère très pénalisante avec un spectre associé très supérieur au spectre spécifique proposé en 1996 (Figure 12). En outre, elle concerne une zone très étendue et présentant de forts enjeux au niveau du centre urbain de Fort-de-France et du Lamentin. Dans ce contexte, les profils SASW réalisés pour cette étude ont été réanalysés pour étudier la possibilité d'affiner la classification obtenue, par exemple en divisant la zone 6 en plusieurs zones de classe EC8 distinctes. Étant donné l'hétérogénéité de cette zone et le faible nombre de profils SASW disponibles pour l'ensemble de la zone (5 profils), il n'est pas envisageable, avec les données actuellement disponibles, de retoucher aux limites de cette zone. Ce travail nécessiterait un grand nombre

de données géophysiques et/ou géotechniques et remettrait également en cause les limites des autres zones du zonage de 1996.

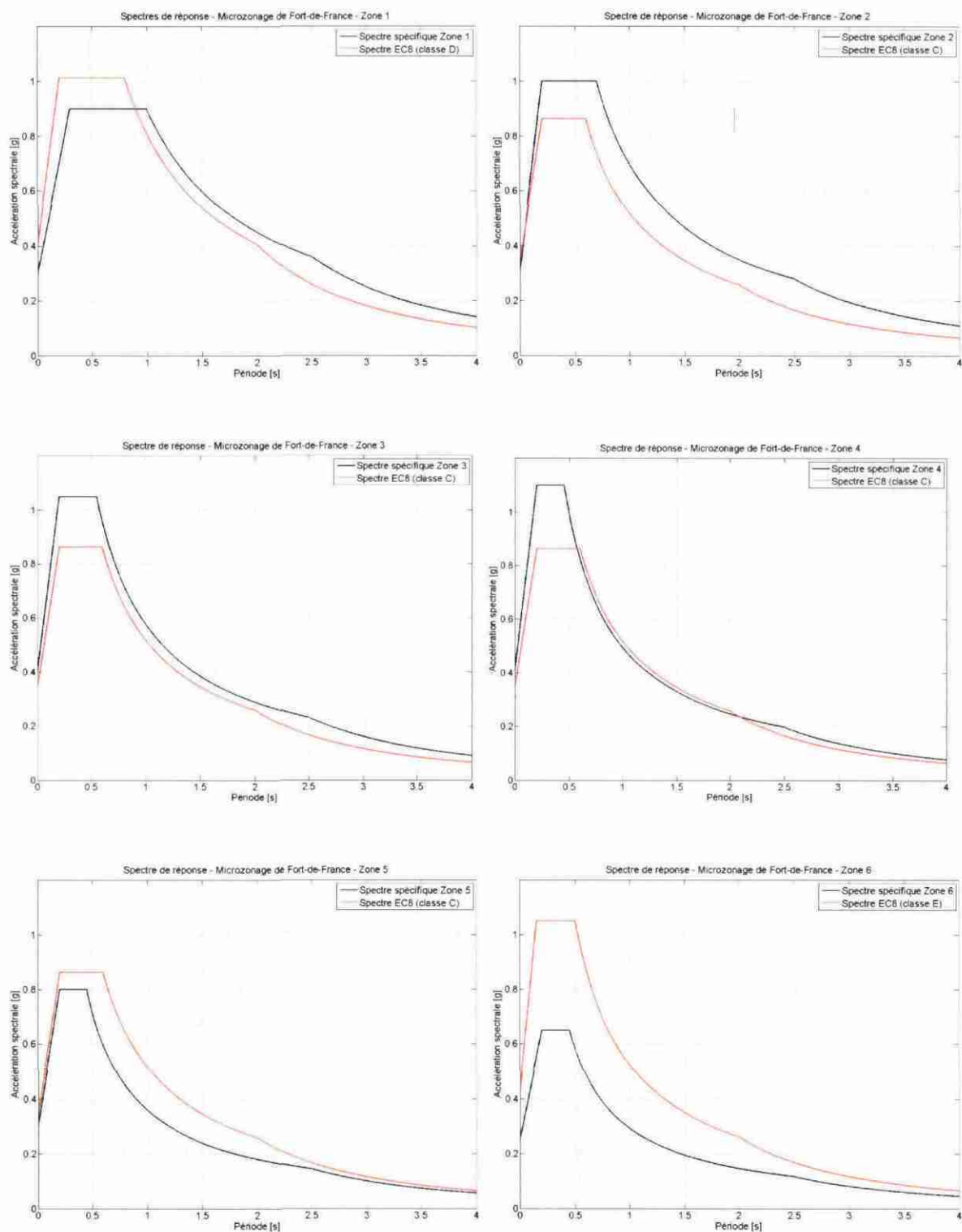


Figure 12 : Comparaison entre spectres spécifiques définis en 1996 et spectres EC8 forfaitaires pour chacune des zones à effet de site du microzonage sismique de 1996.

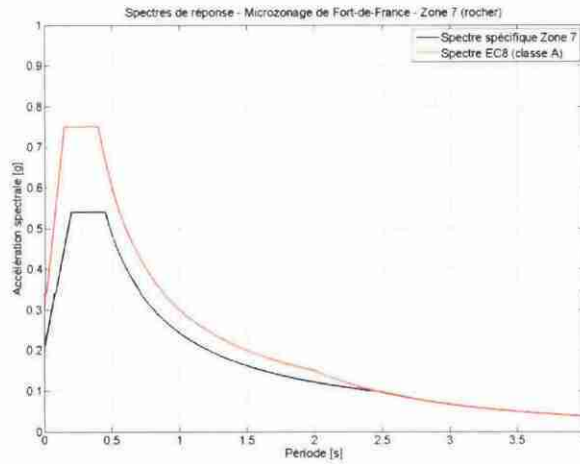


Figure 13 : Comparaison entre spectres spécifiques définis en 1996 et spectres EC8 forfaitaires pour la zone au rocher (zone 7) du microzonage sismique de 1996.

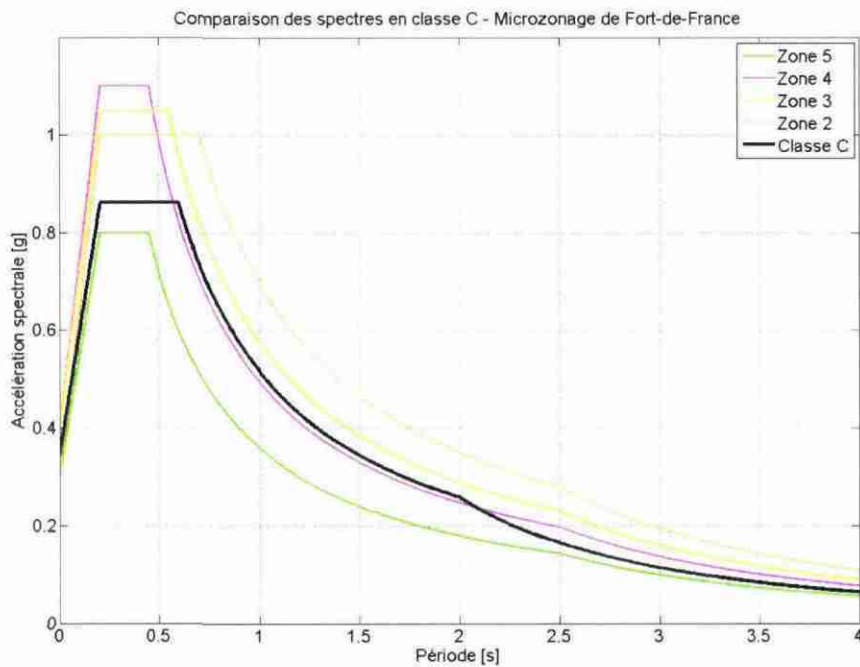


Figure 14 : Comparaison des spectres spécifiques et du spectre forfaitaire EC8 correspondant pour les zones de la classe C (zones 2, 3, 4 et 5 du zonage de 1996).

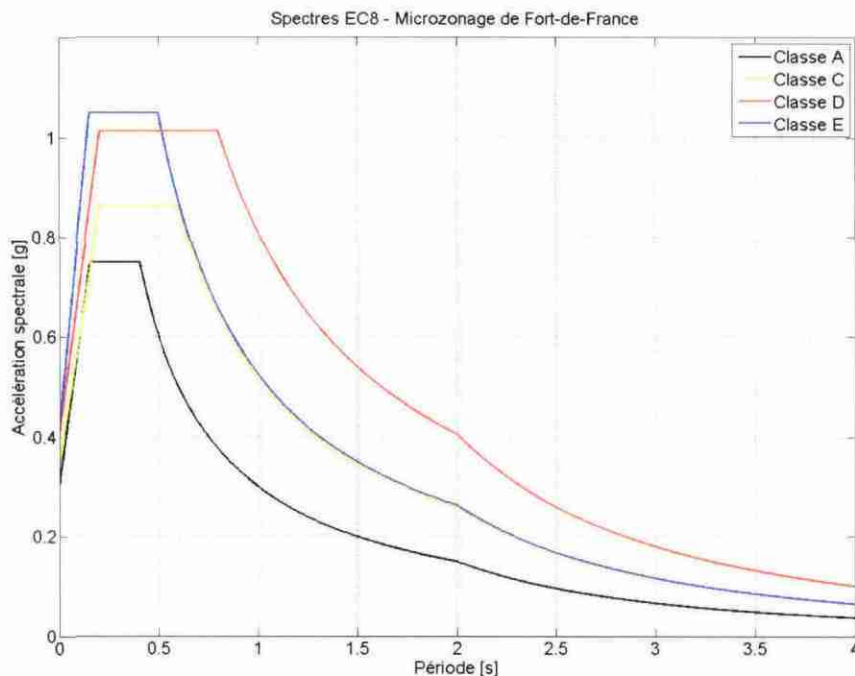


Figure 15 : Spectres forfaitaires correspondant au zonage sismique selon les critères EC8 (AFNOR, 2005) sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin.

Les comparaisons entre spectres spécifiques et spectres forfaitaires montrent que ces deux types de spectres sont différents aussi bien en termes d'amplitude que de fréquence. Par ailleurs, le caractère pénalisant ou non du spectre forfaitaire par rapport au spectre spécifique dépend de la zone considérée. Pour prendre en compte le microzonage sismique dans les PPR, le choix des spectres correspondant au zonage sismique considéré (1996 ou EC8) sera déterminant et induira des différences notables de niveaux sismiques de référence selon la zone et le spectre considérés.

### 3.5. ANALYSE DES DONNÉES DU SÉISME DU 29/11/2007

Le 29 novembre 2007, un séisme de magnitude 7.3 selon l'OVSM (Observatoire Volcanologique et Sismologique de la Martinique) a frappé la Martinique. Ce séisme, situé à une profondeur de 152 km, a été fortement ressenti sur l'île et a bien été enregistré par les stations accélérométriques installées à Fort-de-France et au Lamentin (Figure 16). Ce séisme de subduction, bien qu'ayant une distance focale supérieure à celle du séisme de référence (150 km au lieu des 60 km du séisme de référence), est représentatif du type de séisme pouvant toucher la Martinique, notamment en termes de localisation et de magnitude. Malgré des niveaux d'agression sismique nettement inférieurs à ceux attendus pour le séisme de référence, il nous a semblé intéressant de comparer les spectres de réponse en accélération proposés en 1996, ceux découlant du zonage EC8, et ceux obtenus lors du séisme du 29 novembre sur la zone d'étude.

Outre les données provenant des stations gérées par le BRGM, nous avons pu travailler avec les données accélérométriques du RAP (stations gérées par l'Institut de Physique du Globe de Paris) et du Conseil Général de la Martinique. Il est à noter que les données de la station MEXA du BRGM, située à Fort-de-France, n'ont pas été présentées ici car les données sont en cours de vérification en raison d'un problème de configuration sur la station.

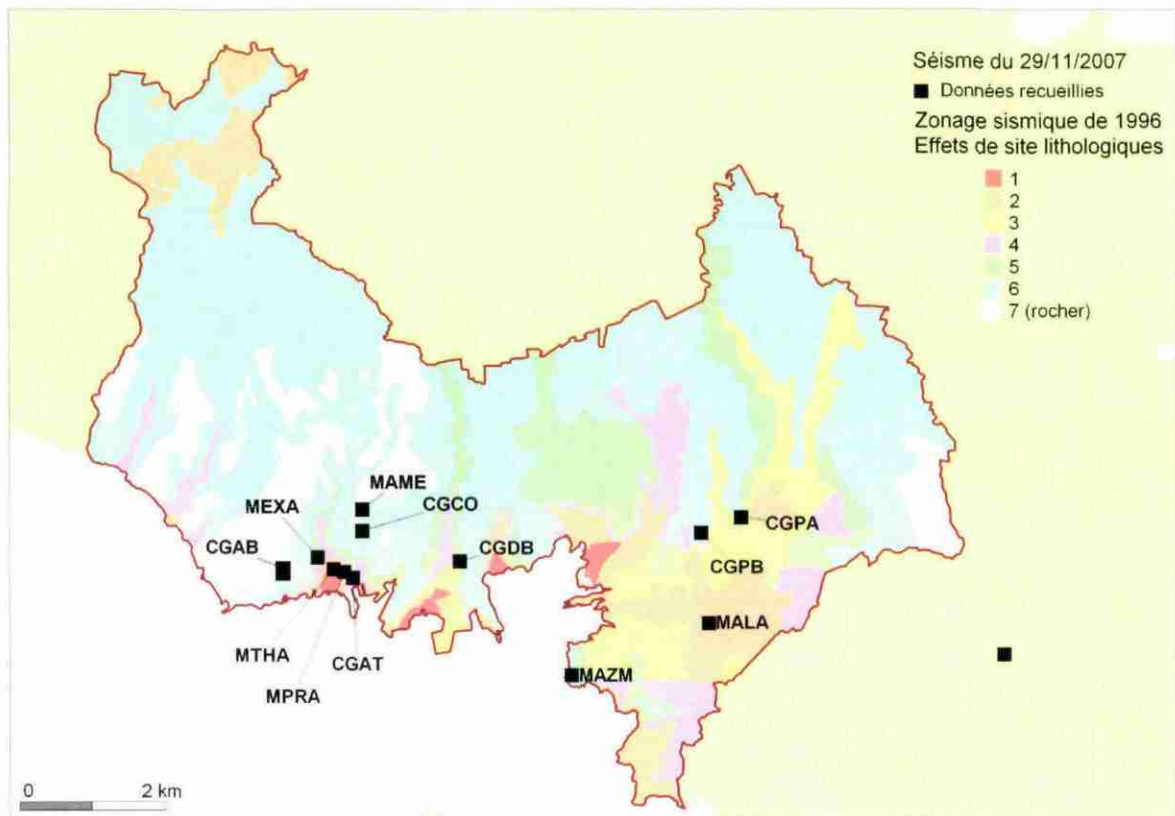


Figure 16 : Localisation des données accélérométriques recueillies lors du séisme du 29 novembre 2007. Les points sont superposés au microzonage sismique réalisé en 1996 (mêmes zones que sur la Figure 7).

La Figure 17 et la Figure 18 présentent les spectres en accélération obtenus lors du séisme du 29 novembre pour les deux composantes horizontales des stations accélérométriques considérées ainsi que les spectres spécifiques de 1996 et les spectres EC8 de la zone correspondante. Les résultats montrent que, pour toutes les stations accélérométriques (hormis pour la composante Nord-Sud de la station MAZM située près de l'aéroport), les spectres de réponse spécifique et forfaitaire recouvrent totalement le spectre de réponse en accélération du séisme. Ce résultat était attendu puisque les mouvements au rocher enregistrés sont très inférieurs au spectre de référence au rocher horizontal affleurant (Figure 18), notamment en ce qui concerne le pga (Peak Ground Acceleration). Cela est dû en particulier à la grande profondeur du séisme du 29 novembre (150 km de profondeur), à comparer avec la distance focale de 60 km considérée pour le séisme de référence. Le pga maximum enregistré au rocher à Fort-de-France est de 0.05 g (station MAME) alors que le pga du spectre spécifique proposé en 1996 pour le rocher horizontal affleurant est de 0.2 g et celui du spectre EC8 pour la zone de sismicité forte est de 0.3 g.

Le cas de la station MAZM est particulier puisque, bien qu'étant implantée sur un site rocheux, elle a enregistré des niveaux en accélération (0.13 g) équivalents à ceux des stations à effet de site voisines (0.15 g pour la station MALA par exemple) et 3 fois supérieurs aux niveaux des stations situées à moins de 7 km et également implantées sur des sites rocheux (0.04 g pour CGAB, 0.03 g pour CGOB et 0.05 g pour MAME). Cette anomalie pourrait être due au mécanisme de rupture de ce séisme (Winter *et al.*, 2007) mais une analyse préalable des enregistrements obtenus sur cette station devra être faite pour écarter d'éventuels problèmes instrumentaux. Les données disponibles actuellement ne permettent pas de conclure quant au phénomène observé.

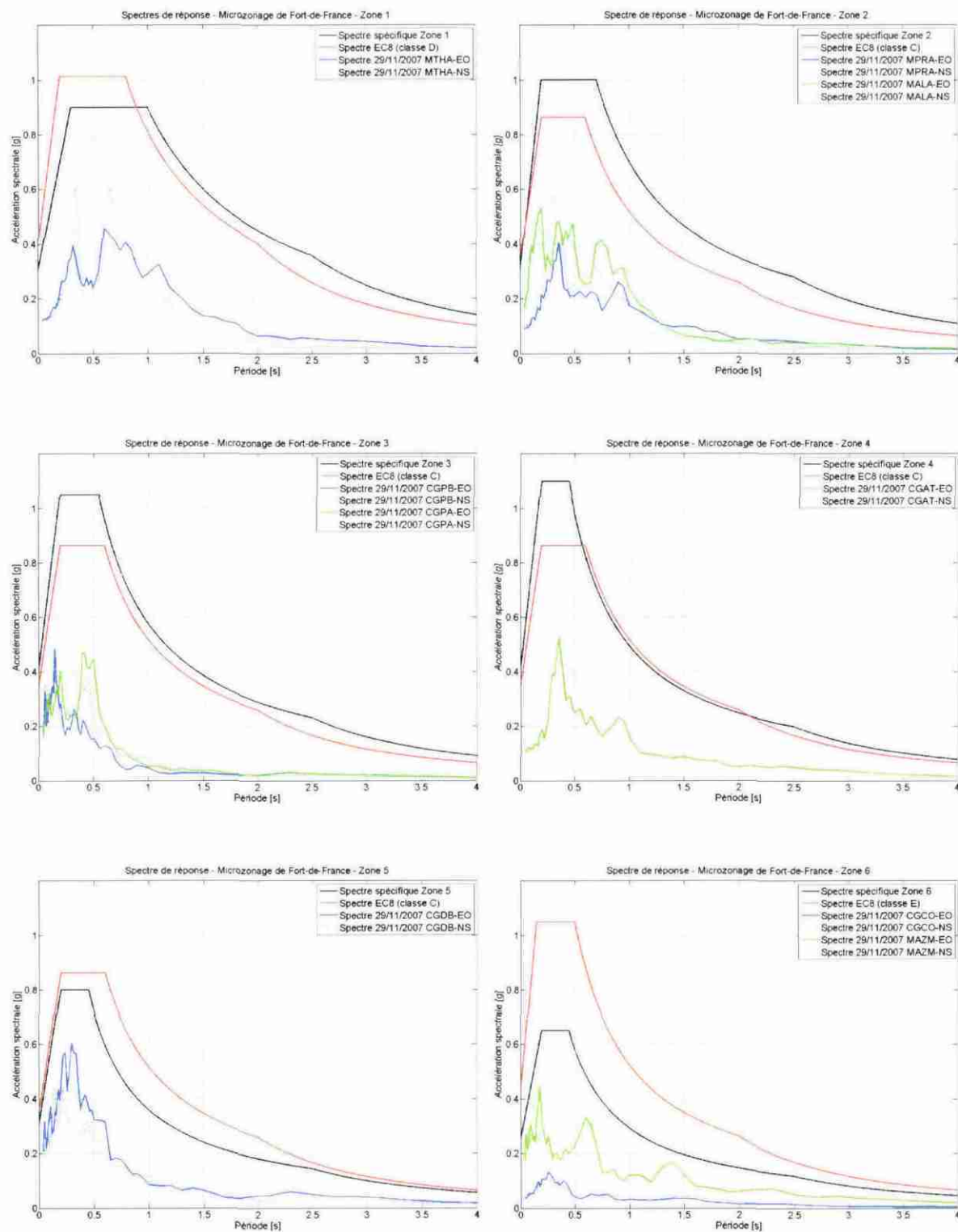


Figure 17 : Comparaison entre les spectres de réponse en accélération obtenus lors du séisme du 29 novembre 2007, les spectres spécifiques de 1996 et les spectres EC8 pour chacune des zones à effet de site du zonage de 1996.

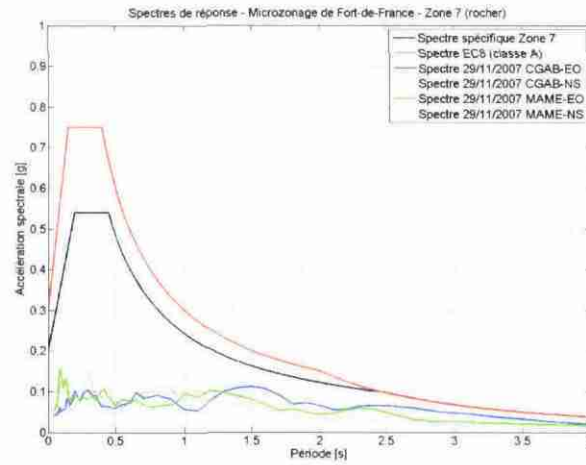


Figure 18 : Comparaison entre les spectres de réponse en accélération obtenus lors du séisme du 29 novembre 2007, les spectres spécifiques de 1996 et les spectres EC8 pour la zone au rocher (zone 7) du zonage de 1996.

## 4. Conclusions

Le zonage sismique découlant de l'actualisation du microzonage sismique de 1996 sur les communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin, a permis de simplifier le secteur d'étude en 4 zones sismiques (de classe A (rocher), C, D, et E) selon les critères de classification des EC8 (AFNOR, 2005) au lieu des 7 zones proposées en 1996. Les résultats sont synthétisés dans l'annexe 4 et une cartographie du zonage selon les EC8 au 1/25 000 est disponible en document annexe. Il est à noter que le critère  $V_{s,30}$  à la base de la classification des sols selon les EC8 ne permet pas de bien prendre en compte les formations meubles ayant des épaisseurs supérieures à 30 m, comme celles rencontrées notamment dans les zones 1, 3 et 4 du zonage de 1996. Dans ce cas, les spectres forfaitaires EC8, au contraire des spectres spécifiques, ne permettront pas de représenter les variations d'épaisseur des couches au-delà des 30 premiers mètres de profondeur. Dans le zonage réalisé en suivant les EC8, cela se traduit par l'attribution d'un spectre de réponse unique (spectre de classe C) pour des zones ayant des profils stratigraphiques variables (zones 2 à 5 du zonage de 1996).

Pour chaque zone du zonage de 1996, le spectre spécifique correspondant a été rappelé. Pour la zone au rocher (zone 7 du zonage de 1996), c'est le spectre spécifique correspondant à la source lointaine qui a été conservé.

Pour chaque zone EC8, le spectre forfaitaire correspondant a été précisé (Tableau 8). En raison de la non parution de la nouvelle réglementation parasismique à la date de rédaction de ce rapport, c'est l'accélération de calage définie par le GEPP qui a été considérée (Le Brun *et al.*, 2003).

La comparaison entre les spectres spécifiques calculés en 1996 et les spectres forfaitaires montre que :

- pour la zone 1, le spectre EC8 est plus pénalisant que le spectre spécifique pour les périodes inférieures à 0,9 s, et moins pénalisant au-delà ;
- pour les zones 2 et 3, les spectres EC8 sont moins pénalisants que les spectres spécifiques ;
- pour le zone 4, le spectre EC8 est moins pénalisant que le spectre spécifique pour les périodes inférieures à 0,57 s et les deux spectres sont similaires au-delà ;
- pour les zones 5, 6 et 7 (rocher), les spectres EC8 sont plus pénalisants que les spectres spécifiques.

Les différences entre spectres spécifiques et spectres EC8 sont modérées pour les zones 1, 2 et 5 mais sont particulièrement importantes pour les zones 3, 4, 6 et 7 (rocher).

Enfin, suite au séisme de Martinique du 29 novembre 2007, les spectres de réponse en accélération observés sur la zone d'étude ont été comparés aux spectres spécifiques et forfaitaires. Comme attendu, ces spectres sont largement au-dessous des spectres spécifiques et forfaitaires.

Finalement, le microzonage réalisé en utilisant les critères de sol EC8 a permis de réduire le nombre de zones sismiques (passant de 7 à 4) mais les spectres EC8 correspondants lissent par nature la complexité géologique de la zone. Dans ce contexte, la transposition du

microzonage sismique des trois communes en PPR nécessitera une réflexion préalable approfondie sur le choix des spectres à adopter (spectres spécifiques proposés en 1996, spectres EC8 ou solution composite).

## 5. Bibliographie

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

AFNOR (2005) – Norme européenne version française NF EN 1998-1 - Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. AFNOR, Paris, France.

Bitri A., S. Le Bégat, J.-M. Baltassat (1997) – Détermination des vitesses de cisaillement des sols à partir de la dispersion des ondes de Rayleigh. Rapport BRGM/R 39877.

Chassagneux D., C. Martin, O. Monge, F. Samarcq, O. Sedan (1996) – Microzonage sismique des communes de Schoelcher, Fort-de-France et Le Lamentin : effets de site et liquéfaction. Rapport BRGM/R 39186, 93 p., 4 annexes.

Douglas J., A. Roullé, P. Dominique, C. Maurin & F. Dunand (2005) – Traitement des données accélérométriques du Conseil Général de la Martinique. Rapport BRGM/RP-53906-FR, 60 p., 7 annexes (vol. séparé).

Gasparini D., E.H. Vanmarcke (1976) – Simulated earthquake motions with prescribed response spectra. M.I.T. Department of Civil Engineering Research Report R76-4, order n° 527.

Godefroy P., P. Mouroux (1991) – Étude et prévention du risque sismique aux Petites Antilles : évaluation de l'aléa sismique sur l'île de la Martinique – Rapport de synthèse. Rapport BRGM/R 32923.

Le Brun B., M. Imbault, avec la collaboration de E. Bertrand, M. Bour, P. Dominique et P. Mouroux (2003) – Participation du BRGM au sous-groupe zonage sismique du GEPP. Rapport BRGM/RP-52342-FR.

Lermo, J., and F.J. Chávez-García (1993) - Site effect evaluation using spectral ratios with only one station. Bull. Seism. Soc. Am., 83, 1574-1594.

Martin C., D. Chassagneux, P. Dominique (1994) – Nouvelle méthodologie de réalisation des microzonages sismiques – Application au microzonage du Lamentin (Martinique). Rapport BRGM/R 38031.

Martin C., P. Combes (2002) – Révision du zonage sismique de la France – Étude probabiliste – Synthèse de l'étude. Rapport GEO-TER n° GTR/MATE/0701-150 Synthèse.

Nakamura, Y. (1989) - A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTR1, 30, 1, 25-32.

Schnabel P.B., J. Lysmer, H.B. Seed (1972) – SHAKE : a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites. Earthquake Engineering Research Center, Univ. California, Berkeley, report n° EERC 72-12.

Westercamp D., P. Andreieff, P. Bouysse, S. Cottez, R. Battistini (1989) – Notice explicative, carte géologique de la France (1/50 000), feuille Martinique, BRGM, Orléans, France, 246 p.

Westercamp D., B. Pelletier, P.M. Thibaut, H. Traineau (1990) – Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Martinique, BRGM, Orléans, France.

Winter T., J.P. Comte, J.M. Mompelat, H. Aochi, S. Auclair, A.V. Barras, D; Bertil, S. Bès de Berc, E. Bourdon, M. Chauvet, P. Dominique, J. Douglas, A. Lemoine, C. Negulescu, S. Ollagnier, J. Péricat, A. Roullé, O. Sedan (2007) – Mission post-sismique aux Antilles : premiers enseignements du séisme du 29 novembre 2007. Rapport BRGM/RP-56070-FR.

## **Annexe 1**

### **Présentation des méthodes SASW et H/V**

## La méthode SASW

Cette méthode est basée sur la dispersion des ondes de surface pour la détermination des vitesses des ondes de cisaillement  $V_s$  dans les premières dizaines de mètres du sous sol (Bitri *et al.*, 1997). Elle permet d'obtenir un profil de vitesse, en plusieurs points, pour un coût largement inférieur aux méthodes destructives habituellement utilisées en géotechnique (*cross-hole*). La vitesse des ondes de cisaillement  $V_s$  intervient dans l'évaluation des modifications du signal sismique à la surface par rapport au mouvement au rocher (effets de site). C'est donc un paramètre déterminant dans une étude d'aléa sismique local ou de microzonage sismique.

Le matériel nécessaire pour effectuer des mesures sismiques des ondes de surface est composé d'une centrale d'acquisition sismique, de géophones (Figure 19) et d'une source impulsienne (ici une chute de marteau).



Figure 19 : Dispositif SASW (à gauche : « flûte » de géophones, à droite : station d'acquisition)

Les ondes de surface se propagent parallèlement à la surface de la terre. Dans le cas d'un milieu dont les propriétés élastiques varient avec la profondeur, la vitesse des ondes de surface varie avec la longueur d'onde, et donc avec la fréquence. Cet effet est appelé dispersion. Suivant la fréquence considérée, les ondes de surface contiennent de l'information sur les milieux traversés entre la surface et la profondeur maximale de pénétration des différents modes. En analysant la dispersion de ces ondes, il est donc possible d'obtenir des informations sur les valeurs des paramètres physiques à différentes profondeurs. Le maximum d'énergie dans le diagramme de dispersion donne les courbes de dispersion. Ces courbes, ainsi que les barres d'erreurs associées, sont ensuite inversées à partir d'un modèle de vitesse *a priori*, dans le but de retrouver le profil vertical de vitesse des ondes S.

## La méthode H/V bruit de fond

De nombreuses techniques théoriques, numériques ou instrumentales ont été développées pour estimer les effets de site lithologiques (voir par exemple Lermo et Chávez-García, 1993). Les techniques expérimentales font généralement appel à un site de référence, c'est-à-dire un site rocheux n'amplifiant pas le mouvement sismique. Ce site rocheux n'est pas toujours présent sur les zones d'études, ce qui peut engendrer des erreurs dans les estimations des effets de site. C'est pourquoi des techniques plus récentes, ne faisant pas intervenir de site de référence, ont été mises au point. L'une de ces techniques consiste, à partir de l'enregistrement du bruit de fond ambiant, à calculer le rapport spectral entre les composantes horizontales et la composante verticale : c'est la méthode appelée couramment H/V (Nakamura, 1989). Le dispositif expérimental est constitué d'un sismomètre trois composantes et d'une station d'acquisition (Figure 20).



Figure 20 : Dispositif H/V (à gauche : la station d'acquisition et à droite : le sismomètre tridimensionnel 5 secondes)

Les principes physiques sous-tendus par cette méthode ne sont actuellement pas tous bien cernés. Cependant, de nombreuses expériences ont comparé cette méthode avec des méthodes classiques et ont montré sa capacité à évaluer la fréquence propre du site puis, en conjonction avec d'autres éléments, les effets de site proprement dits. L'explication la plus communément admise est la suivante : soit un modèle très simple constitué d'une couche meuble (souvent sédimentaire) surmontant un demi-espace homogène. Le bruit de fond est engendré par des sources proches comme le trafic urbain et donc composé d'ondes de surface. Seules les composantes horizontales sont amplifiées par les réflexions sur les interfaces des couches sous-jacentes. La composante verticale du bruit de fond contient, elle, la signature des sources de bruit. On suppose également que la base de la couche sédimentaire n'est pas affectée par les ondes de surface.

Pour obtenir une pseudo-fonction de transfert à l'aide du bruit de fond, en s'affranchissant de l'effet de source, on divise donc le spectre d'une composante horizontale par le spectre de la composante verticale (d'où l'appellation H/V). Ce rapport donne avec une bonne précision la fréquence de résonance fondamentale du site (ou fréquence propre), mais également une amplification spectrale relative qui dépend notamment du mode de traitement du signal. Les différentes amplifications relatives peuvent être comparées entre elles à condition d'avoir été établies avec les mêmes traitements.

En définitive, la réalisation d'une campagne de mesures ponctuelles H/V permet, en première approche, de déterminer en chaque point de mesure la fréquence propre du sol.

Lorsque la géométrie du site peut être assimilée à un milieu mono-dimensionnel, On peut relier l'épaisseur d'une couche sédimentaire meuble (ayant un fort contraste d'impédance avec le substratum rocheux) à sa fréquence de résonance fondamentale  $f_0$  par l'expression :

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

avec  $H$  : épaisseur moyenne de la couche meuble,

$V_s$  : vitesse moyenne de propagation des ondes S dans la couche meuble,

$f_0$  : fréquence de résonance fondamentale de la couche meuble.

La connaissance de deux paramètres permet donc d'estimer le troisième :  $V_s$  et  $f_0$  connues donnent  $H$  par exemple.

## **Annexe 2**

# **Mesures SASW et données géologiques associées**



Dans cette annexe sont présentées à la fois des informations sur la géologie de la zone d'étude et les profils SASW réalisés en 2007. D'abord, une coupe géologique simplifiée de la partie côtière entre Schoelcher et Fort-de-France (Godefroy et Mouroux, 1991) est présentée (Figure 22 et Figure 23). Ensuite, pour chaque site disposant d'une mesure SASW, la géologie des formations superficielles est décrite à partir de la carte géologique et, si possible, des sondages disponibles dans la BSS. Une brève interprétation du profil SASW est ensuite proposée.

La liste des profils SASW réalisés dans le cadre de cette étude est présentée dans le tableau ci-dessous. La Figure 21 présente la localisation de ces profils.

Identifiant	LOCALISATION	Latitude	Longitude	Tir direct (n°)	Tir inverse (n°)	Zonage 1996	Zonage EC8
1	Stade La Médaille	14.70421	-61.0895	4002	4003	2	C
2	Hôpital psychiatrique de Colson	14.68583	-61.087	4005	4006	2	C
3	Stade de foot Balata (stand de tir)	14.66422	-61.08898	4007	4009	6	E
4	Fond Lahaye	14.63381	-61.10697	4011	4012	4	C
5	Anse Madame	14.62115	-61.10019	4014	4015	4	C
6	Stade de foot Anse Madame	14.62001	-61.10168	4016	4018	4	C
7	Plage Madiana	14.61247	-61.09805	4019	4020	4	C
9	Bochette	14.64116	-60.97971	4022	4024	3	C
10	Bochette	14.6349	-60.97819	4025	4026	6	E
11	Mangot Vulcin	14.62629	-60.99044	4028	4030	6	E
12	Stade Place d'Armes	14.62005	-60.98611	4031	4032	3	C
13	Petit Morne (poste électrique)	14.62473	-60.97529	4033	4034	3	C
14	Long Pré (stade de foot)	14.63391	-61.00713	4036	4037	4	C
15	SDPI La Lézarde (bord de la mangrove)	14.60565	-61.00927	4039	4041	3	C
16	La Lézarde (derrière DDE, bord de la mangrove)	14.60976	-61.0085	4042		2	C
17	Gondeau	14.64317	-61.02524	4046	4047	6	E
18	Basse Gondeau	14.62272	-61.02488	4049	4050	5	C
19	Marina Port Cohé	14.59259	-61.01393	4051	4052	3	C
20	Lareinty	14.5989	-60.9936	4053	4054	2	C
21	Hippodrome	14.58857	-60.98795	4056	4057	2	C
22	Jambette	14.61558	-61.03953	4058	4059	6	E
23	Stade Dillon	14.60196	-61.04805	4060	4061	1	D
25	La Savane	14.60312	-61.06723	4066	4067	4	C
26	Parc Floral	14.60895	-61.07291	4069	4070	4	C
27	Stade de foot de la Folie	14.6068	-61.06358	4071		4	C
31	Stade de foot Pointe Simon	14.60197	-61.07511	4064	4065	2	C

Tableau 9 : Liste et coordonnées du centre des profils SASW réalisés pour cette étude.

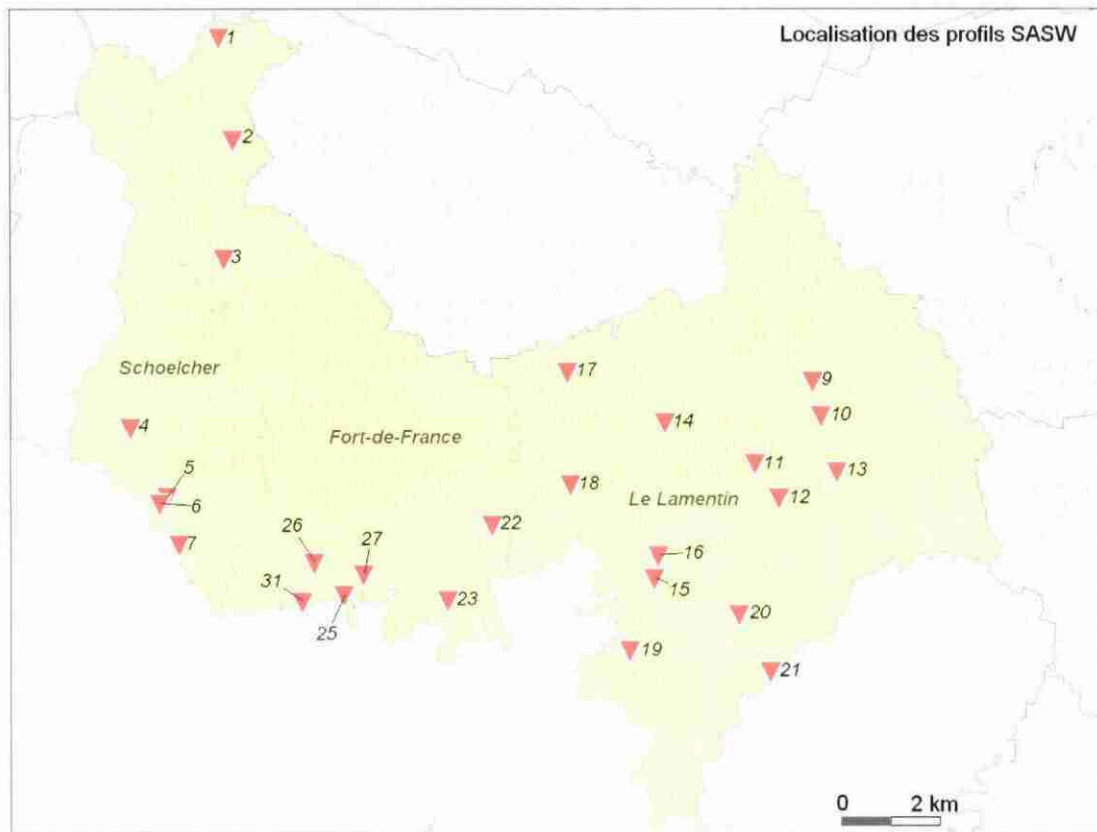


Figure 21 : Localisation des profils SASW réalisés pour cette étude.

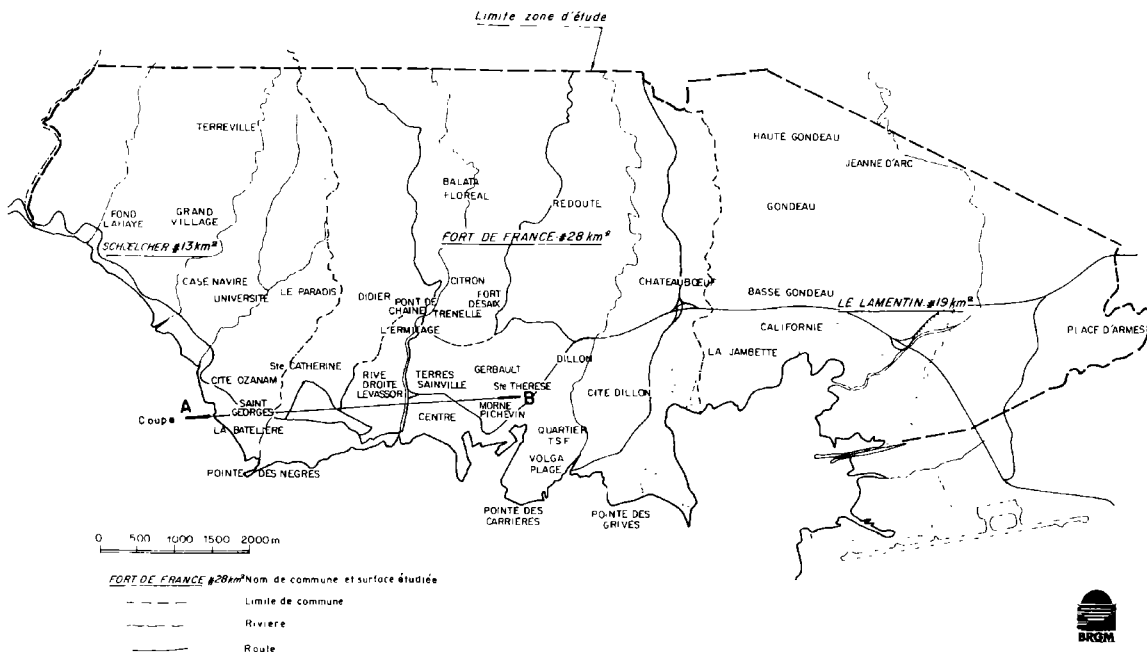


Figure 22 : Localisation de la coupe géologique simplifiée de la Figure 23.

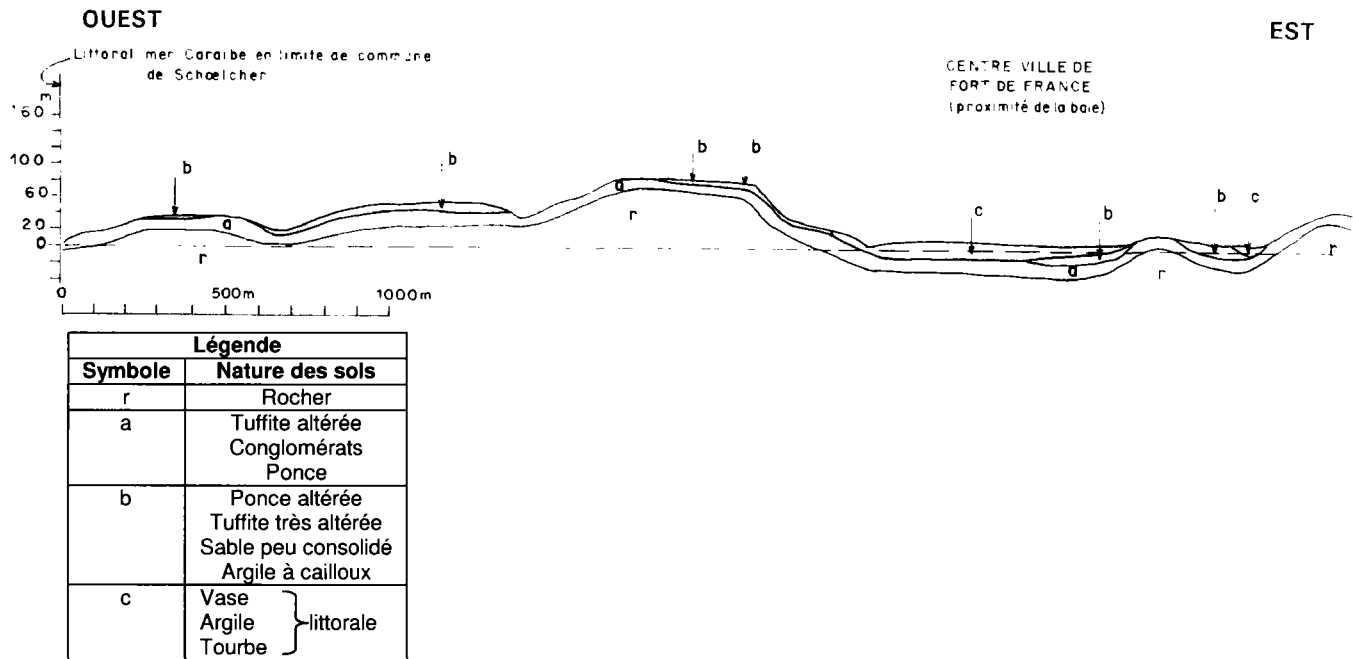


Figure 23 : Coupe géologique simplifiée AB (d'après Godefroy et Mouroux, 1991). La localisation de la coupe est représentée sur la Figure 22.

## Informations géologiques et géophysiques sur les sites 1, 2 et 3 au Nord de la commune de Fort-de-France

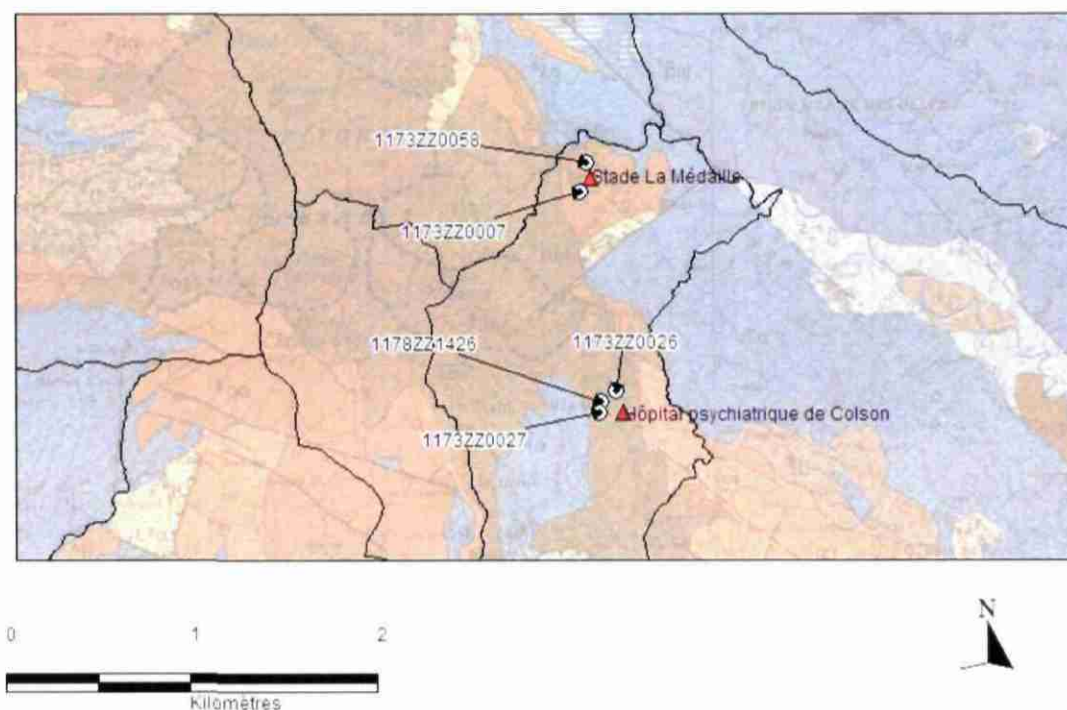


Figure 24 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites du Nord de la commune de Fort-de-France.

### Site 1 – Stade de La Médaille

D'après la carte géologique, le substratum du secteur correspond à des nuées ardentes appartenant au complexe volcanique des Carbetts (8B). Deux forages se trouvent dans la zone à une centaine de mètres. Le forage le plus proche (1173ZZ0007), d'une profondeur totale de 23,50 m, indique la présence de tuf sur les 10 premiers mètres reposant sur une brèche dacitique plus ou moins argilisée. Le second forage 1173ZZ0058 montre lui une brèche pyroclastique en surface recouvrant une coulée fracturée et altérée de plus de 13 mètres d'épaisseur (fin de forage à -15 /NGM).

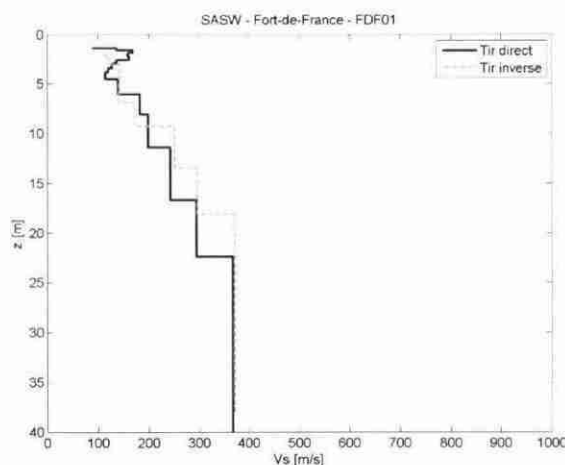


Figure 25 : Profil SASW sur le site du stade de la Médaille, Fort-de-France (classe C des EC8).

Le profil SASW n°1 est en accord avec ces données géologiques avec une faible épaisseur de matériau médiocre en surface ( $V_s$  de l'ordre de 150 m/s sur 7 m de profondeur) surmontant un matériau plus raide ( $V_s$  entre 200 et 400 m/s) de plus de 15 m d'épaisseur correspondant probablement à la brèche dacitique argilisée du forage 1173ZZ0007. Le substratum sismique n'est pas atteint.

### Site 2 – Hôpital de Colson

D'après la carte géologique, le substratum du secteur correspond à une coulée de lave andésitique à quartz et à biotite appartenant au complexe volcanique des Carbets (9abi). Trois forages se trouvent dans la zone (200 à 300 mètres). Le forage 1178ZZ1426, d'une profondeur totale de 23,50 m indique la stratigraphie suivante : sous un sol de 4.70 m se trouvent des coulées de lave à quartz et à biotite altérées surmontant de coulées de dacite, altérées jusqu'au fond du forage. Deux niveaux argileux se trouvent entre 4.70 et 6 m et entre 8.60 et 9.50 m. Il n'est pas fait mention de niveaux d'eau. Le forage 1173ZZ27 est analogue.

Le forage 1173ZZ26, d'une profondeur totale de 16 m, présente un faciès de brèche refermant des éléments rocheux altérés devenant peu altérés au sein d'une matrice relativement argileuse.

Le profil SASW n°2 indique un sol médiocre sur 5 à 7 m d'épaisseur surmontant un matériau de résistance mécanique moyenne dont la vitesse augmente avec la profondeur ( $V_s$  de 200 à 400 m/s) qui correspond probablement aux coulées volcaniques altérées. Le substratum n'est pas atteint.

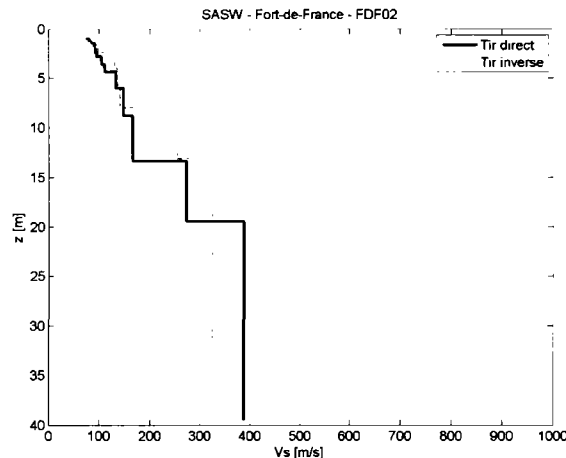


Figure 26 : Profil SASW sur le site de l'hôpital de Colson, Fort-de-France (classe C des EC8).

### Site 3 – Stade de foot de Balata

Il n'existe pas de forage à proximité pouvant nous renseigner sur la géologie de la zone. Le forage le plus proche 1177ZZ0030, à plus de 700 m, se trouve sur une autre formation géologique. Le profil SASW indique la présence d'un matériau de résistance mécanique moyenne ( $V_s$  de 300 à 500 m/s) sur une très forte épaisseur (supérieure à 25 m), pouvant correspondre à des matériaux volcaniques altérés. Le substratum n'est pas atteint.

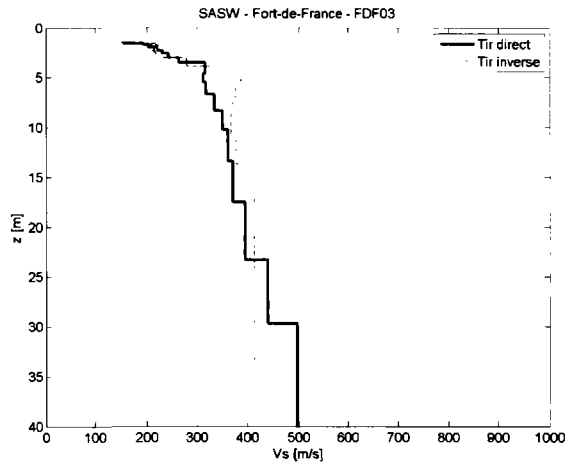


Figure 27 : Profil SASW sur le site du stade de football de Balata, Fort-de-France (classe E des EC8).

## Informations géologiques et géophysiques sur les sites de la commune de Schoelcher

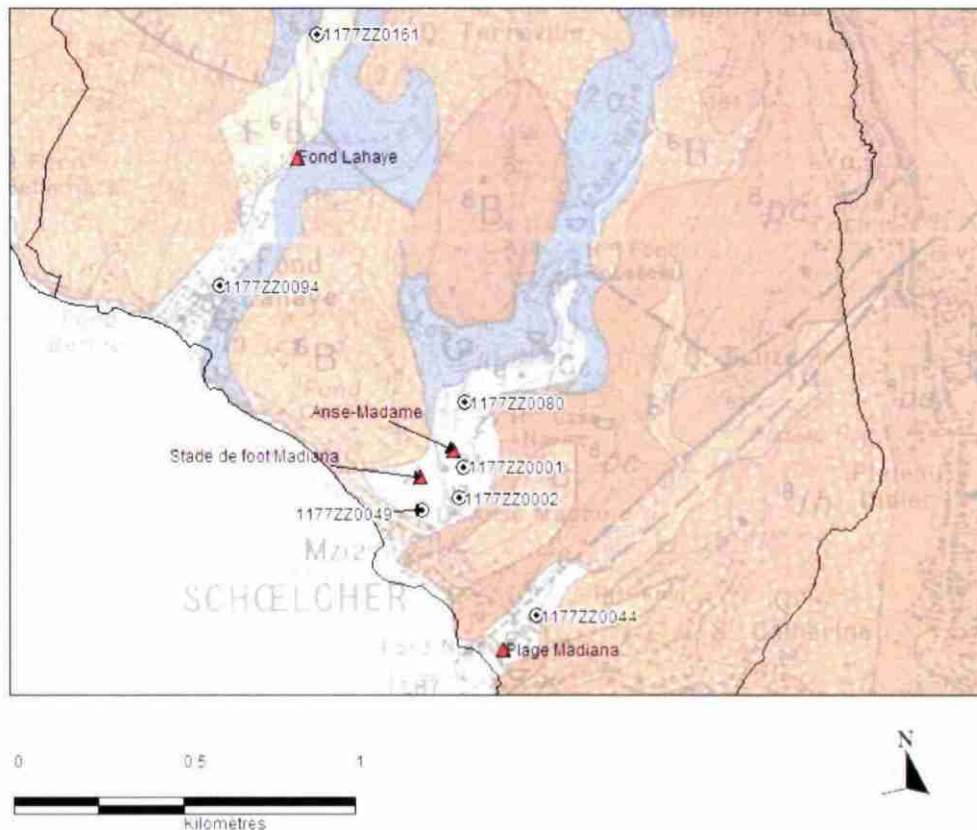


Figure 28 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Schoelcher.

### Site 4 – Fond Lahaye

Plusieurs forages profonds ont été réalisés dans ce secteur pour la recherche en eau. Au sud du point de mesures géophysiques, le forage 1177ZZ0094 indique la présence d'une lave saine à partir d'une trentaine de mètres. Au dessus, les terrains sont constitués de sables et de galets de lave, dans une matrice de même nature plus ou moins argileuse. Un niveau d'eau qui fluctue avec la marée est indiqué à -1 m de moyenne. Les formations superficielles sont donc a priori saturées.

Au Nord, le forage 1177ZZ0161 indique la présence d'alluvions et d'éboulis à blocs andésitiques, de la surface jusqu'à -14 m, puis des andésites altérées. Le forage a été stoppé à -46 m/NGM. Une zone fracturée et productrice d'eau a été mise en évidence entre 23 et 25 m de profondeur.

Le profil SASW, situé à la limite de la zone rocheuse, indique une très faible épaisseur de sols (inférieure à 5 m) surmontant un matériau de résistance mécanique moyenne en surface ( $V_s$  de l'ordre de 500 m/s) à très bonne en profondeur ( $V_s$  supérieure à 800 m/s). Ce matériau correspond probablement aux andésites altérées dont l'altération diminue avec la profondeur. Le substratum sismique est atteint vers 15 m de profondeur.

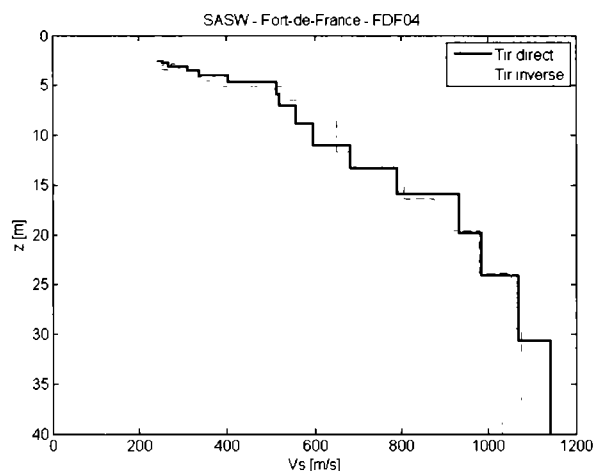


Figure 29 : Profil SASW sur le site de Fond Lahaye, Schoelcher (classe C des EC8).

### Sites 5 et 6 - Anse-Madame

D'après la carte géologique, le substratum du secteur correspond à des coulées andésitiques (2a) ou à des ponces ou encore à des débris et lahars. Il est recouvert par des alluvions récentes. Le forage le plus proche du profil SASW n°5 (1177ZZ0001), d'une profondeur totale de 15 m, indique sur toute sa hauteur des sables comportant des blocs d'andésite. Le profil SASW n°5 confirme la présence de ces sables de résistance mécanique moyenne ( $V_s$  entre 30 et 400 m/s) en forte épaisseur (probablement supérieure à 20 m). La profondeur du substratum est mal contrainte mais pourrait se situer entre 25 et 35 m.

Le forage 1177ZZ0080, un peu plus en amont de l'embouchure de la rivière Case-Navire indique la présence d'une brèche ponço-dacitique, à 34.50 m de profondeur, surmontée de sables.

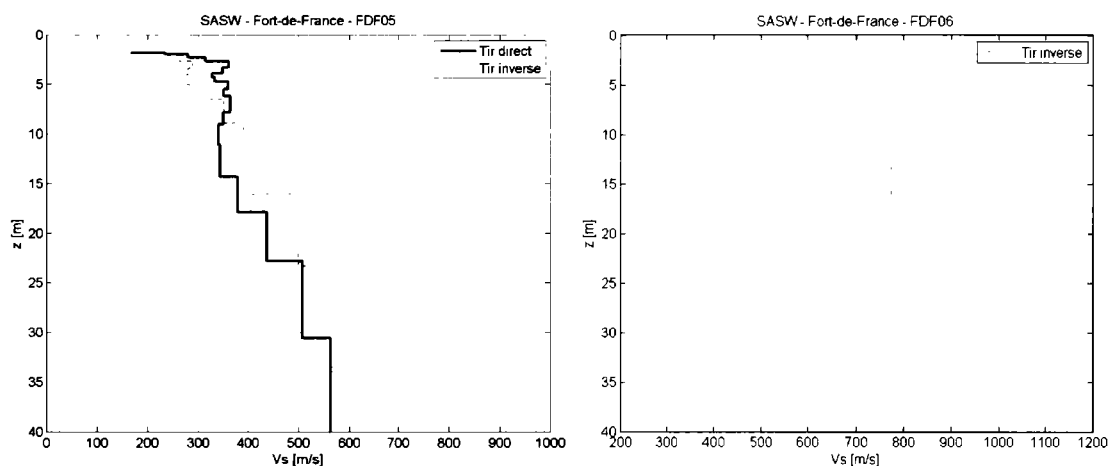


Figure 30 : Profils SASW sur le site Anse Madame, Schoelcher (classe C des EC8).

Le forage 1177ZZ0049 montre que le substratum rocheux se trouve à vingtaine de mètres sous une alternance de couches à dominante argileuse ou sableuse. Le profil SASW n°6, situé à moins de 200 m de ce forage, indique quant à lui un substratum sismique à une profondeur de l'ordre de 10 m.

Site 7 – Plage de Madiana

Le profil SASW a été réalisé sur la plage. Plus en amont, dans l'axe de la ravine Touza, le forage 1177ZZ0044 indique des sables et des argiles sur les 15 premiers mètres puis des blocs d'andésite gris-bleu qui appartiennent probablement à la formation andésitique 7a2 et qui est à rattacher à la coulée de la Pointe des Nègres.

Le profil SASW n°7, réalisé sur la plage, indique une épaisseur de l'ordre de 10 m de sols de résistance mécanique médiocre ( $V_s$  de l'ordre de 150 m/s) correspondant probablement aux sables et argiles du forage précédent, surmontant un matériau un peu plus raide, de résistance mécanique moyenne ( $V_s$  de l'ordre de 300 m/s) correspondant soit à des sables et argiles plus compacts soit à une formation andésitique altérée sur une épaisseur de l'ordre de 10 à 15 m. Le substratum sismique n'est pas atteint en fin de profil (à 20-25 m de profondeur).

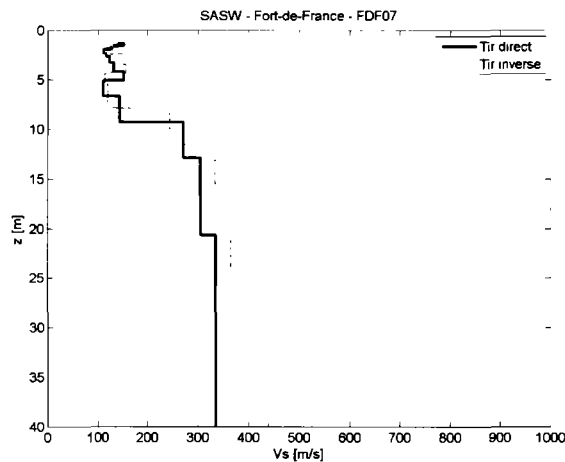


Figure 31 : Profils SASW sur le site de la plage de Madiana, Schoelcher (classe C des EC8).

## Informations géologiques et géophysiques sur les sites de la commune du Lamentin, au niveau de la rivière La Lézarde

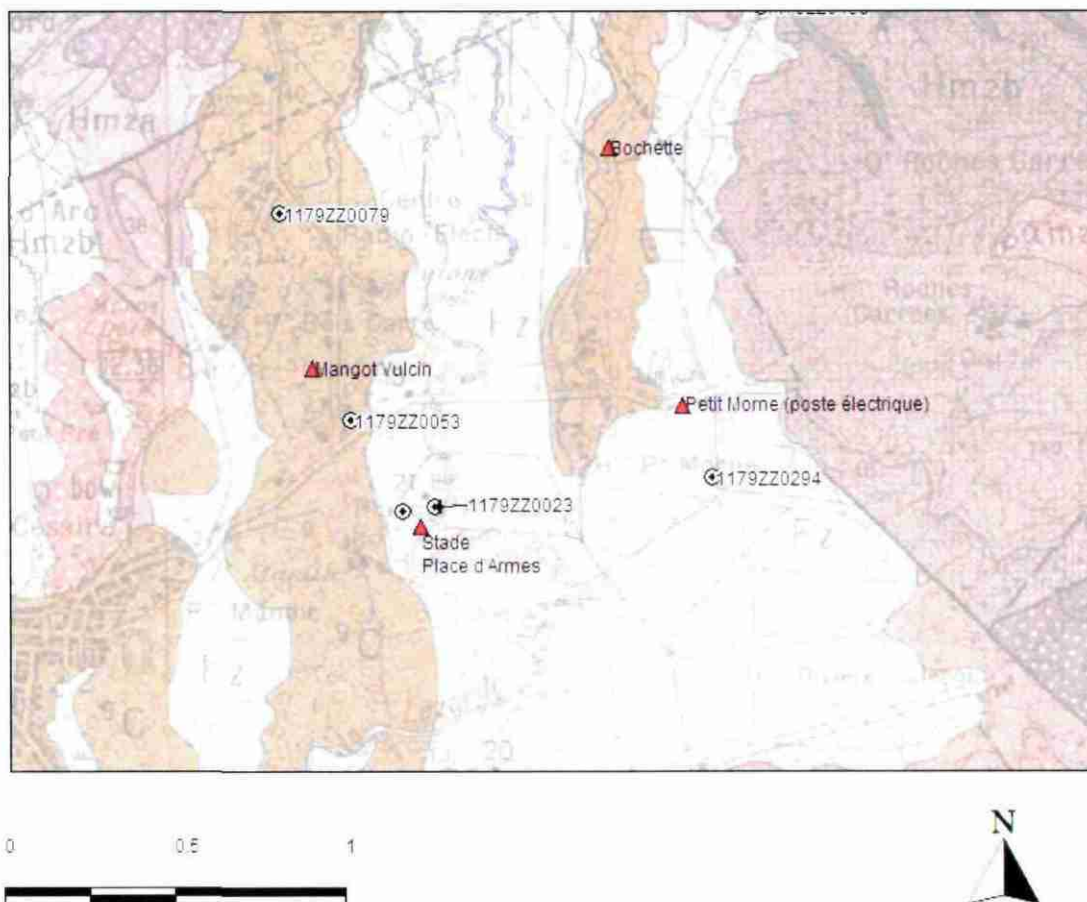


Figure 32 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Lamentin, au niveau de la rivière La Lézarde.

### Site 10 – Brochette

Il n'existe pas de forage disponible près du site. D'après la carte géologique, le substratum rocheux serait constitué par des conglomérats d'andésite (9C) du complexe volcanique des Pitons du Carbet.

Le profil n°9 indique un sol de résistance mécanique médiocre en surface ( $V_s$  de l'ordre de 200 m/s sur les 10 premiers mètres de profondeur) surmontant un matériau dont la résistance mécanique augmente avec la profondeur ( $V_s$  de 250 à 500 m/s sur 15 m d'épaisseur) et pouvant correspondre à un matériau volcanique altéré. Le profil n°10 indique un sol médiocre en surface ( $V_s$  de l'ordre de 200 m/s) sur 15 à 20 m d'épaisseur surmontant un matériau plus raide ( $V_s$  entre 300 et 500 m/s). Dans les deux cas, le substratum sismique n'est pas atteint par la SASW.

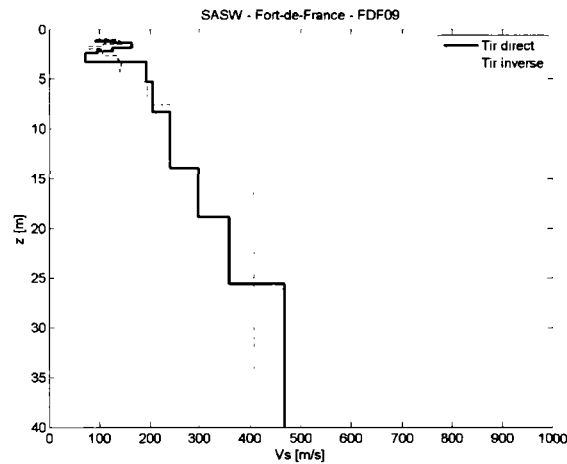


Figure 33 : Profils SASW sur le site de Bochette, Le Lamentin (classe C des EC8).

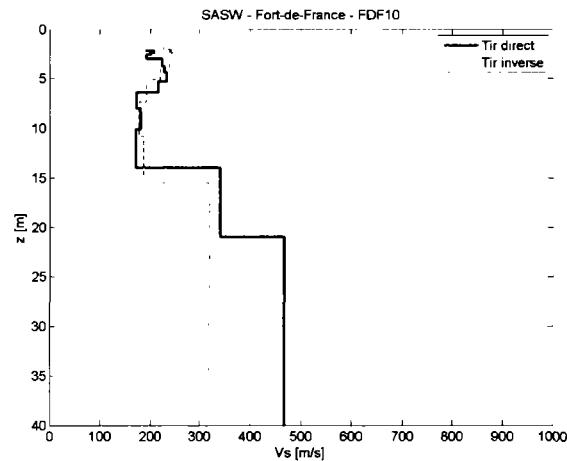


Figure 34 : Profils SASW sur le site de Bochette, Le Lamentin (classe E des EC8).

### Site 11 – Mangot Vulcin

De même, il n'existe pas de forage disponible dans la BSS près du site de Mangot Vulcin. Les deux forages 1179ZZ0079 et 1178ZZ0053 respectivement situés au nord et au sud du site indiquent tous deux des dépôts argileux superficiels de 10 mètres minimum d'épaisseur.

D'après la carte géologique, le substratum rocheux est constitué par des conglomérats d'andésite (9C) du complexe volcanique des Pitons du Carbet.

Le profil SASW n°11 indique la présence d'un sol de résistance mécanique médiocre sur les 15 premiers mètres (peut-être les dépôts argileux des forages précédents) surmontant un matériau de résistance mécanique moyenne sur 20 m d'épaisseur. Les données géologiques disponibles ne permettent pas une analyse plus fine du profil SASW.

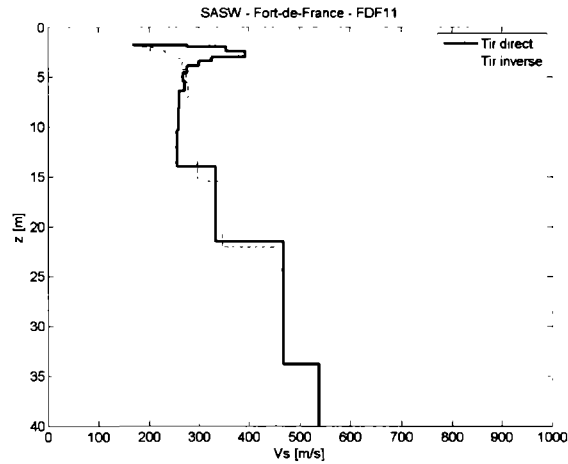


Figure 35 : Profils SASW sur le site de Mangot Vulcin, Le Lamentin (classe E des EC8).

### Site 12 – Place d’Armes

Le forage 1179ZZ0023 se trouve à une centaine de mètres du site de mesures géophysiques. Il indique la stratigraphie suivante : sous une vingtaine de mètres d’alluvions récentes constituées d’une alternance de sable et d’argile, se trouve un tuf bréchique altéré reposant sur une lave andésitique altérée devenant saine à partir de 38 m. Sa base probable se situe vers - 47 m/NGM. Puis succède un ensemble de coulée bréchique et de tuf rocheux jusqu’à - 69.60 m (fin de forage).

Le profil SASW indique la présence d’une faible épaisseur de matériaux médiocres (Vs de l’ordre de 250 m sur les 10 premiers mètres), correspondant probablement aux alluvions récentes, surmontant au moins 15 m de matériau plus raide dont la vitesse augmente avec la profondeur et qui pourrait correspondre au tuf altéré du forage 1179ZZ0023. A 25 m de profondeur, le substratum sismique n’est pas atteint, en accord avec les données du forage qui situe la lave saine à 38 m de profondeur.

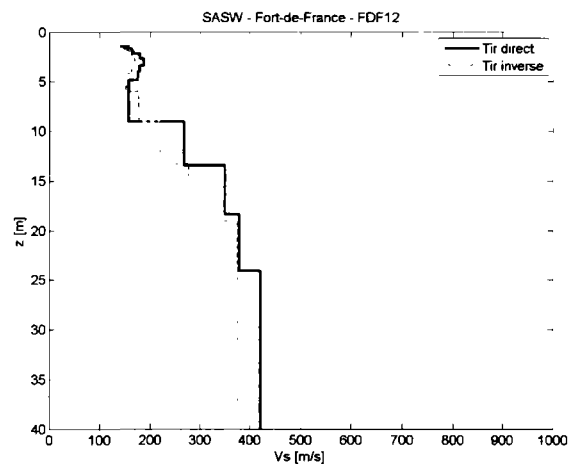


Figure 36 : Profils SASW sur le site du stade de Place d’Armes, Le Lamentin (classe C des EC8).

### Site 13 – Petit Morne

Le plus proche forage – 1179ZZ0294 - se trouve à plus de 350 mètres au sud. Il indique des argiles plus ou moins sableuses de plus d’une trentaine de mètres d’épaisseur, ce qui est totalement en accord avec le profil SASW n°13. Le substratum rocheux, d’après la carte

géologique, serait constitué par des conglomérats d'andésite (9C) du complexe volcanique des Pitons du Carbet. Il n'est pas atteint par la SASW.

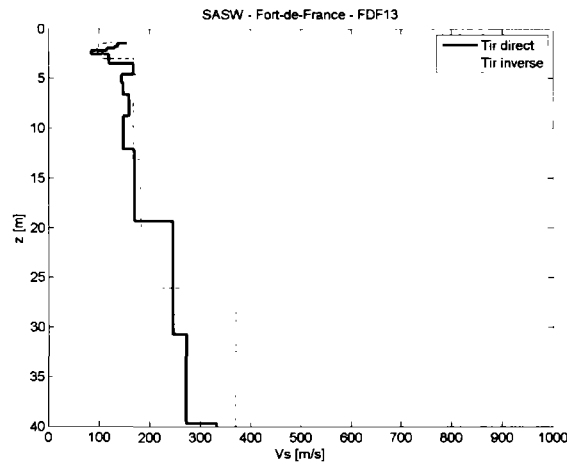


Figure 37 : Profils SASW sur le site de Petit Morne, Le Lamentin (classe C des EC8).

#### Site 14 - Long Pré

Il n'existe pas de forage disponible près du site. Les alluvions de la Lézarde masquent le substratum rocheux qui pourrait être, d'après les informations de la carte géologique, des conglomérats à galets dominants de lave aphyrique ou une coulée de lave massive.

Le profil SASW n°14 indique une épaisseur de 15 à 20 m de matériaux médiocres (Vs de l'ordre de 200 m/s), probablement les alluvions de la Lézarde, surmontant plus de 10 m de matériaux plus raides mais de résistance mécanique encore moyenne (Vs de 300 à 400 m/s). Le substratum sismique n'est pas atteint à 30 m de profondeur.

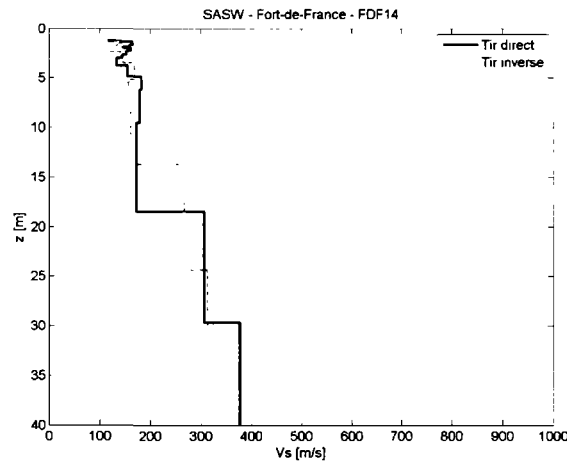


Figure 38 : Profils SASW sur le site du stade de Long Pré, Le Lamentin (classe C des EC8).

#### Site 17 – Gondeau

Aucun forage n'est disponible dans la zone. D'après la carte géologique, le substratum rocheux est constitué par une coulée de lave andésitique peu porphyrique du complexe volcanique des Pitons du Carbet.

Le profil SASW indique une très forte épaisseur de matériau (supérieure à 20 m) avec une résistance mécanique moyenne ( $V_s$  entre 350 et 500 m/s) et pouvant correspondre à des laves altérées.

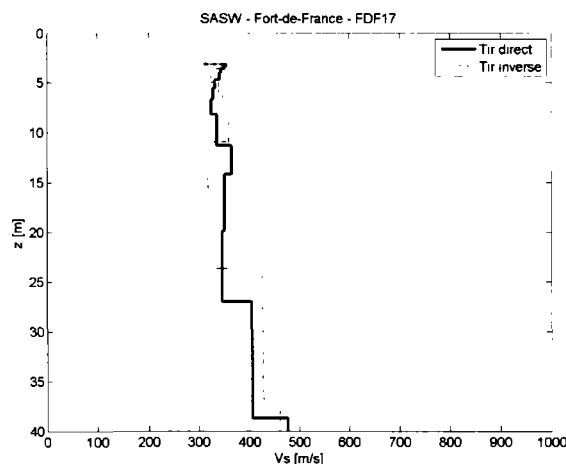


Figure 39 : Profils SASW sur le site de Gondeau, Le Lamentin (classe E des EC8).

#### Site 18 - Basse Gondeau

Il n'existe pas de forage à proximité pouvant nous renseigner sur la géologie de la zone. D'après la carte géologique, les tuffites azoïques constituent le substratum rocheux comme pour le site 22 de la Jambette.

Le profil SASW n°18 est complexe (inversions de vitesse en surface) : son interprétation est donc à prendre avec précautions. Le profil semble indiquer 10 à 15 m de matériaux médiocres ( $V_s$  de l'ordre de 200 m/s) surmontant des matériaux plus raides ( $V_s$  entre 300 et 500 m/s) sur plus de 15 m d'épaisseur. Le substratum sismique n'est pas atteint.

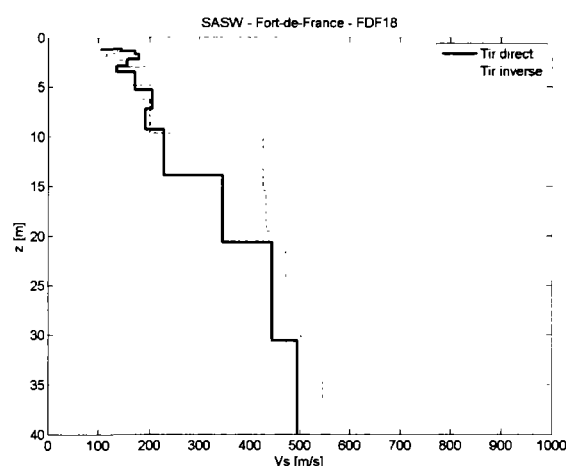


Figure 40 : Profils SASW sur le site de Basse Gondeau, Le Lamentin (classe C des EC8).

**Informations géologiques et géophysiques sur les sites de la commune du Lamentin, au niveau de la mangrove**

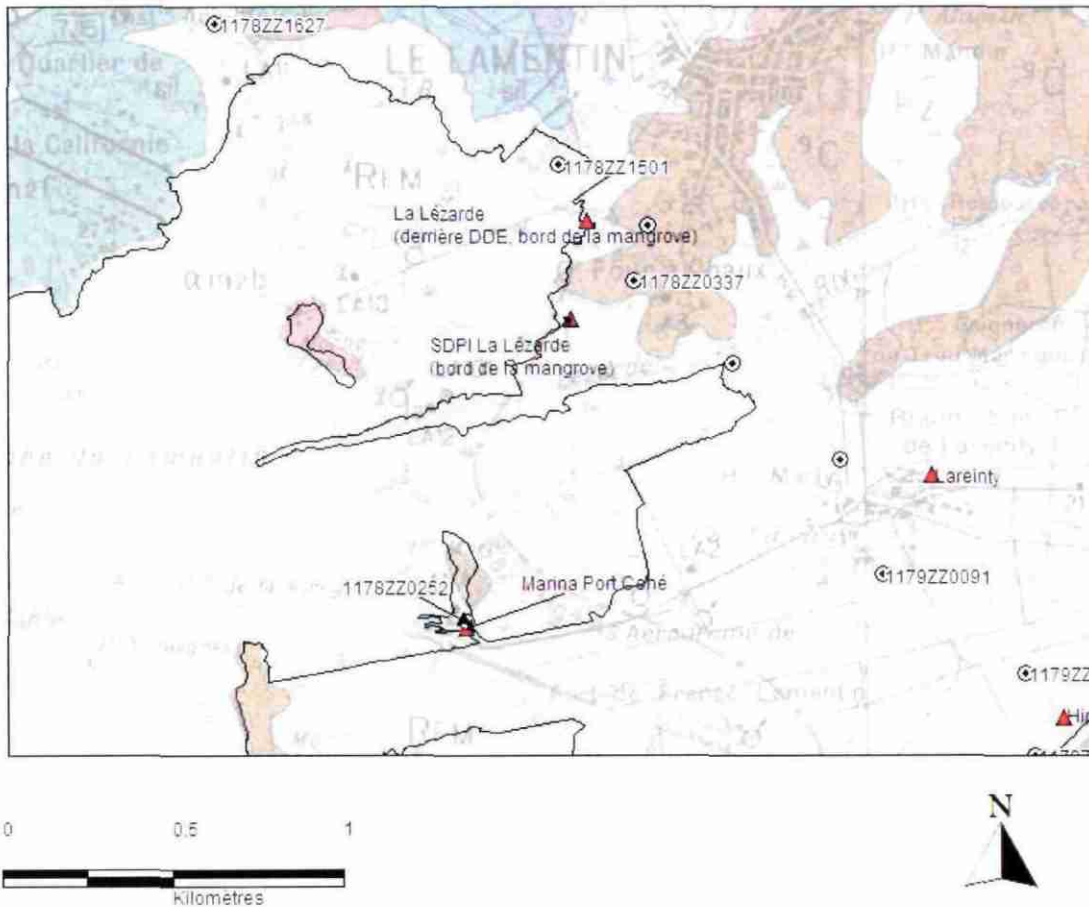


Figure 41 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites de la commune de Lamentin, au niveau de la mangrove.

**Sites 16 – La Lézarde, 15 – SDPI La Lézarde, 19 - Marina Port Cohé et 20 – Lareinty**

Ces 4 sites se situent au sein de la mangrove de la Lézarde. Seul le site de la Marina Port Cohé possède une donnée de forage proche. Ce dernier – 1178ZZ0252 – indique une série argileuse plus ou moins sableuse de 75 mètres reposant sur une lave andésitique à phénocristaux. Le forage atteint 81 mètres de profondeur.

Au nord de la zone, la coupe foreur du sondage 1178ZZ1501 n'est pas utilisable. Au sud-est, le forage 1179ZZ0091 indique plus de 25 mètres de dépôts argileux ou tourbeux avec un niveau de bois entre 21.80 et 25.10 m. Un tuf altéré semble être atteint en fond de forage (à - 26 m).

Les profils SASW indiquent tous la présence de matériaux médiocres en surface ( $V_s$  inférieure à 200 m/s sur les 10 à 15 premiers mètres) correspondant probablement aux dépôts argileux. Ces dépôts surmontent des matériaux de résistance mécanique moyenne à bonne ( $V_s$  de 300 à 500 m/s) pouvant correspondre par exemple à des argiles compactes ou à un tuf altéré. Le substratum sismique n'est pas atteint.

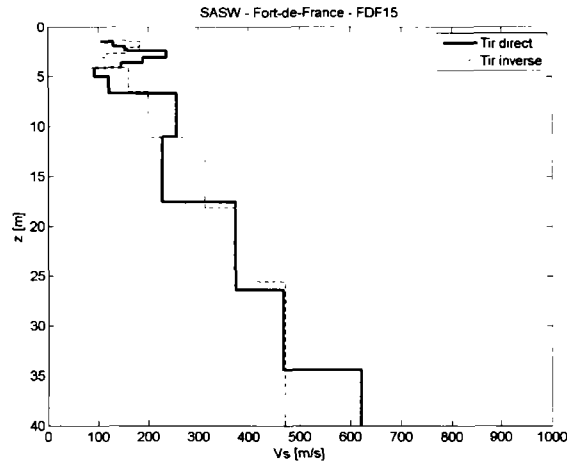


Figure 42 : Profils SASW sur le site de La Lézarde, Le Lamentin (classe C des EC8).

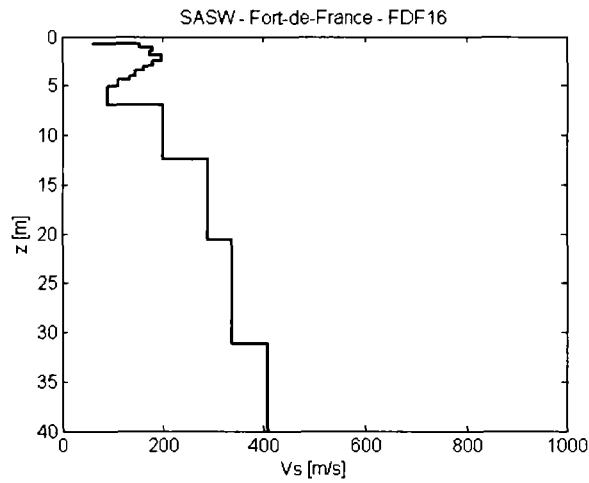


Figure 43 : Profils SASW sur le site de La Lézarde (DDE), Le Lamentin (classe C des EC8).

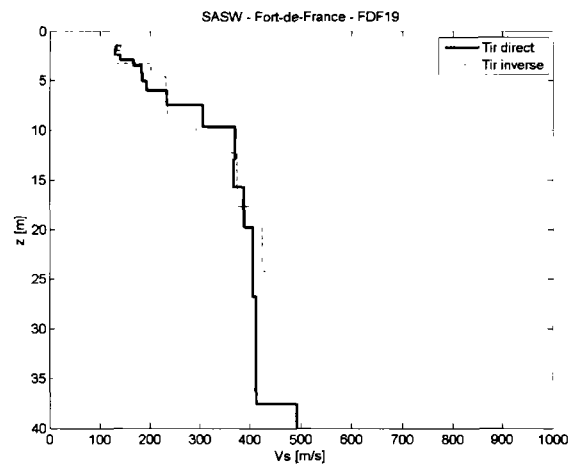


Figure 44 : Profils SASW sur le site de la marina de Port Cohé, Le Lamentin (classe C des EC8).

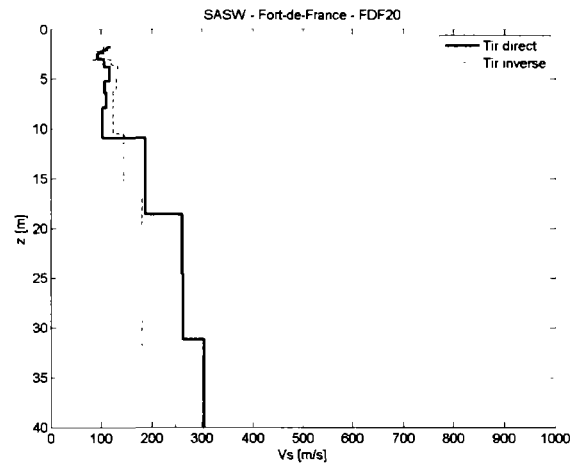


Figure 45 : Profils SASW sur le site de Lareinty, Le Lamentin (classe C des EC8).

Site 21 - L'hippodrome

Ce site se situe également au sein de la mangrove de la Lézarde mais en bordure Est. Les deux forages dans le secteur 1179ZZ0173 et 175 profonds de seulement 20 mètres indiquent, sur toute leur longueur forée, des niveaux sableux saturés (uniquement dans le 175), des niveaux argileux et des vases tourbeuses. Le profil SASW est en accord avec ces données de forage puisque l'on observe plus de 30 m d'épaisseur de matériaux de mauvaise résistance mécanique (Vs inférieure à 200 m/s). Attention, ce profil présente plusieurs inversions de vitesse, ce qui rend son interprétation difficile en termes de valeurs de vitesse d'ondes S.

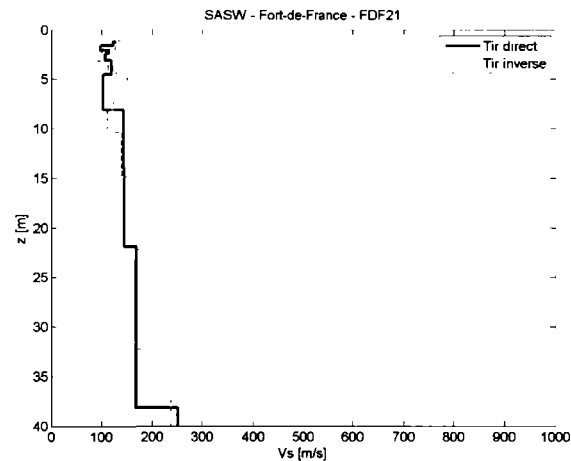


Figure 46 : Profils SASW sur le site de l'hippodrome, Le Lamentin (classe C des EC8).

## Informations géologiques et géophysiques sur les sites à l'Est de Fort-de-France

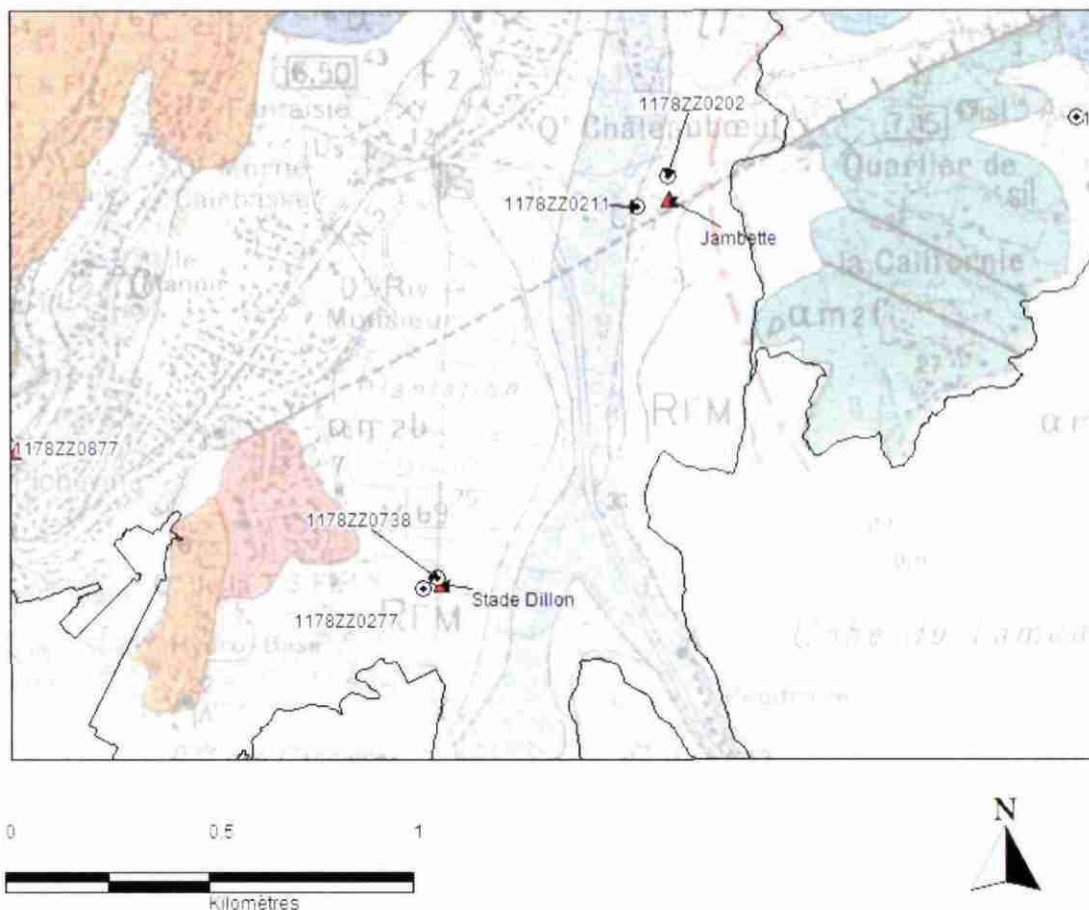


Figure 47 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS sur les sites à l'Est de la commune de Fort-de-France.

### Site 22 - La Jambette

D'après la carte géologique, les tuffites azoïques affleurent dans ce secteur. Le forage 1178ZZ0202 situé à une centaine de mètres le confirme.

Les tuffites azoïques correspondent à une alternance de bancs centimétriques de grès micro-conglomératiques et de bancs de silt, altérés. Le levé de forage indique des tuffites argilisées jusqu'à 10.80 (fin de forage).

Le forage 1178ZZ0211, plus éloigné, indique un tuf bréchiq ue peu altéré à partir de 11.30 m et jusqu'à 15 m (fin de forage).

Le profil SASW n°22 indique la présence d'un matériau de résistance mécanique moyenne sur les 15 premiers mètres (tuffites argilisées) surmontant un matériau de bonne résistance mécanique ( $V_s$  supérieure à 500 m/s). Le substratum sismique ( $V_s$  supérieure à 800 m/s) est atteint vers 20 m de profondeur.

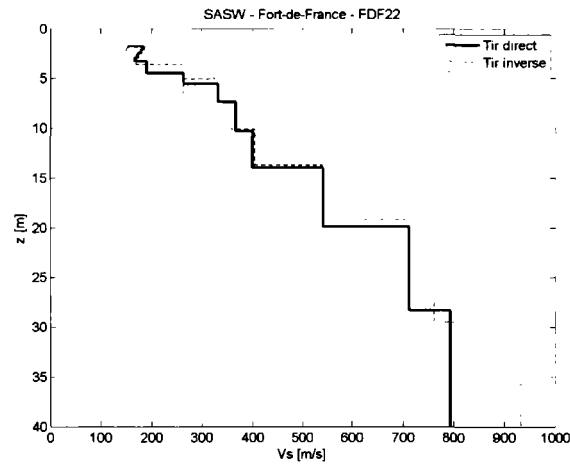


Figure 48 : Profils SASW sur le site de Jambette, Fort-de-France (classe E des EC8).

### Site 23 - Stade de Dillon

Le secteur de Dillon correspond à une ancienne mangrove. Le forage 1178ZZ0277 a été réalisé au sein du complexe sportif en 1969. Il décrit un mille-feuilles d'argile, de sable et de tourbe d'une épaisseur totale de 27 mètres qui repose probablement sur un tuf remanié bréchrhique altéré (observé entre 27 et 27.50m = fin du forage).

Le forage 1178ZZ0738, de 10 m de profondeur, intéresse uniquement les formations superficielles composées d'argile et d'un peu de sable.

Le profil SASW n°23 confirme ces descriptions avec plus de 30 m de matériaux médiocres ( $V_s$  de 100 à 200 m/s). L'inversion du profil SASW s'étant avérée assez complexe (inversions de vitesse), les valeurs de vitesse obtenues sont à considérer avec précautions.

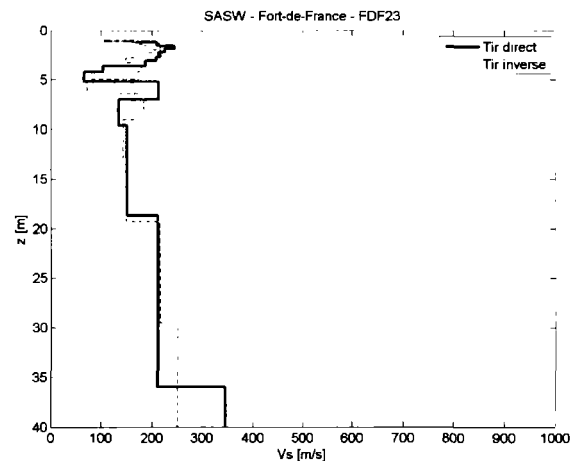


Figure 49 : Profils SASW sur le site du stade de Dillon, Fort-de-France (classe D des EC8).

## Informations géologiques et géophysiques sur les sites du centre ville de Fort-de-France

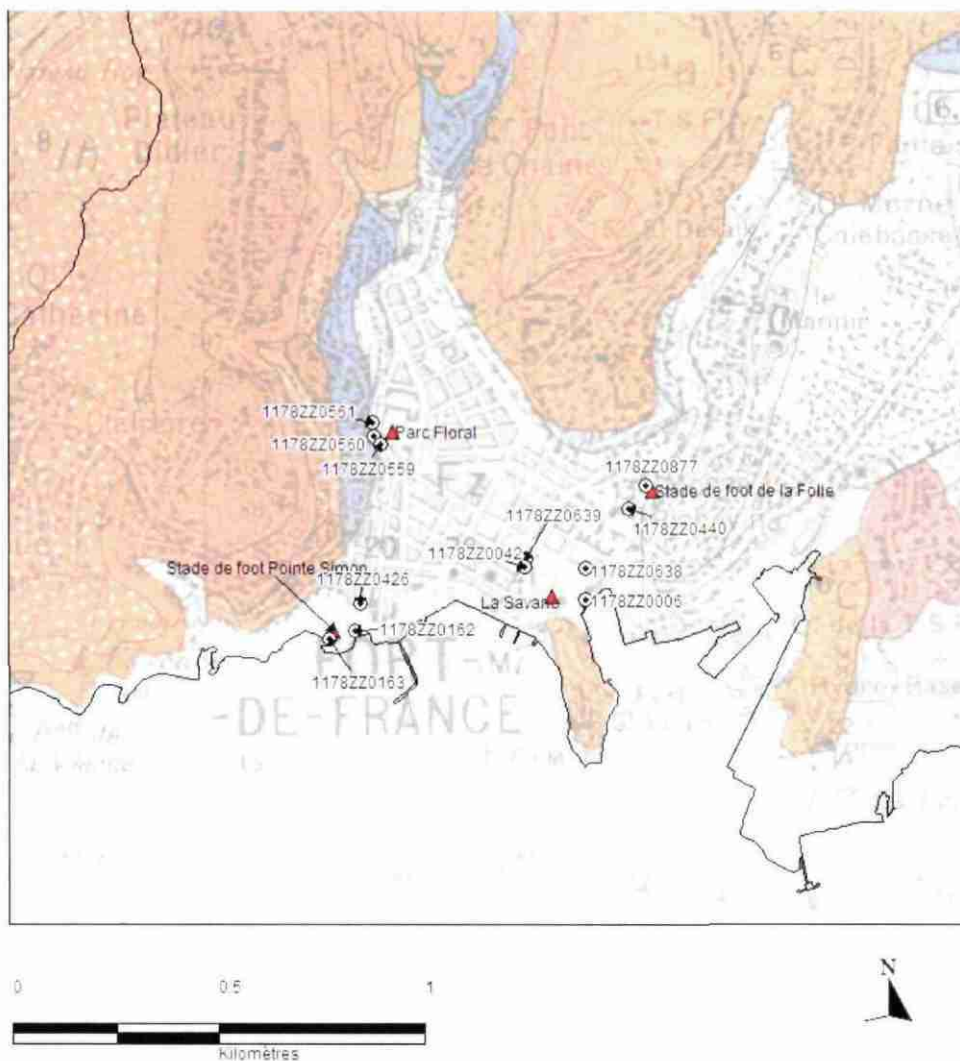


Figure 50 : Localisation des profils SASW et des sondages BSS dans le centre ville de Fort-de-France.

Les sites du centre-ville se situent sur les alluvions récentes du comblement de la baie de Fort-de-France. Elles sont constituées de lentilles superposées ou emboîtées de sables, d'argiles, de galets et de niveaux de vase très molle.

### Site 27 – La Savane

Les 3 forages à proximité présentent une géologie similaire pour les 10-15 premiers mètres qui correspondent à des terrains alluvionnaires, sablo-argileux, saturés en eau. Le forage 1178ZZ0639 le plus profond, qui atteint 41.60 m de profondeur, montre sous 38 m d'alluvions saturées (NP : - 0.6m /TN), une tuffite très altérée.

Le toit des tuffites est atteint à moins d'une dizaine de mètre de profondeur dans le forage 1178ZZ0006 situé en bordure de mer (zone remblayée).

Le profil SASW n°25 indique la présence de matériaux médiocres à moyens sur les 30 premiers mètres d'épaisseur (alluvions) surmontant un matériau beaucoup raide pouvant correspondre aux tuffites.

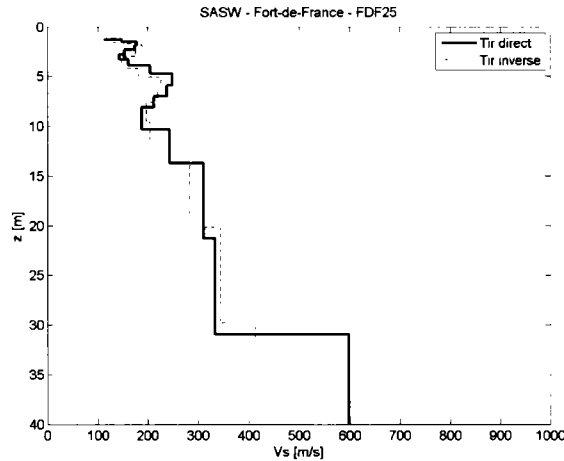


Figure 51 : Profils SASW sur le site de La Savane, Fort-de-France (classe C des EC8).

#### Site 26 - Parc Foral

Dans le forage 1178ZZ0559 qui se trouve au droit de la cuvette de remplissage de Fort-de-France, l'épaisseur des alluvions dépasse dans ce secteur les 13.50 m alors que la base est atteinte vers -6.50 m dans les forages 1178ZZ0560 et 1178ZZ0561 qui se situent en bordure. Le site de mesures géophysiques se trouve sur une plus grande épaisseur d'alluvions, de résistance mécanique mauvaise à médiocre, dépassant probablement les 25 mètres comme le montre le profil SASW n°26.

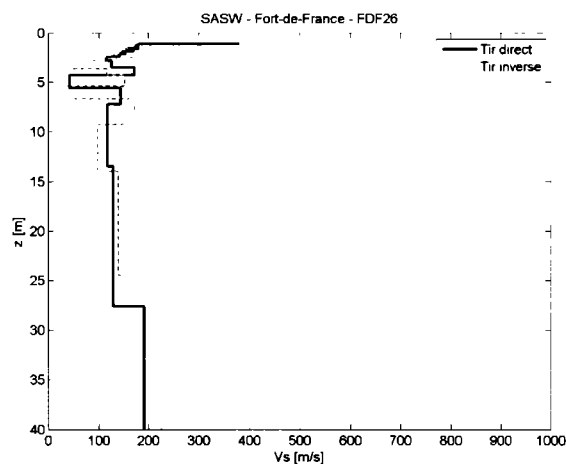


Figure 52 : Profils SASW sur le site du Parc Floral, Fort-de-France (classe C des EC8).

#### Site 27 - Stade de foot de la Folie

D'après la carte géologique, apparaissent à l'ouest du centre-ville, les tuffites azoïques (formation de plus de 5 millions d'années, antérieures au complexe du Morne Jacob), sous la forte épaisseur d'alluvions. Les tuffites azoïques correspondent à une alternance de bancs centimétriques des grès micro-conglomératiques et de bancs de silt, altérés.

Les deux forages à proximité – 1178ZZ0877 et 1178ZZ0040 - confirment cette disposition géologique. Le toit altéré des tuffites est atteint respectivement à -14.75 et -11.50 m sous une forte épaisseur d'argile plastique à molle ou de tourbe et de sable.

Le profil SASW n°27 confirme la forte épaisseur d'alluvions en surface (Vs inférieure à 200 m/s). Bien que la profondeur du mur de ces alluvions soit mal contrainte par la SASW, il semble qu'elle soit supérieure à 20 m.

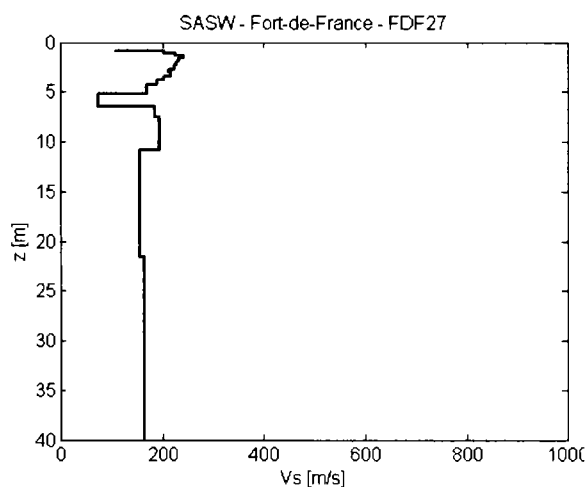


Figure 53 : Profils SASW sur le site du stade de La Folie, Fort-de-France (classe C des EC8).

#### Site 31 – Pointe Simon

Ce secteur se trouve sur une zone qui a été remblayée sur la mer. Les forages 1178ZZ162 et 1178ZZ 163 de 1967 indiquent des dépôts vasards de plus de 10 mètres d'épaisseur. Un tuf est atteint à 15.40 m dans le forage 1178ZZ163.

La forte inversion de vitesse présente entre 5 et 10 m de profondeur sur le profil SASW ne permet pas une interprétation poussée. Cette inversion pourrait d'ailleurs s'expliquer par la présence de dépôts vasards dans la zone. Le toit du tuf pourrait correspondre au contraste de vitesse observé à 10 m de profondeur mais cela reste à confirmer.

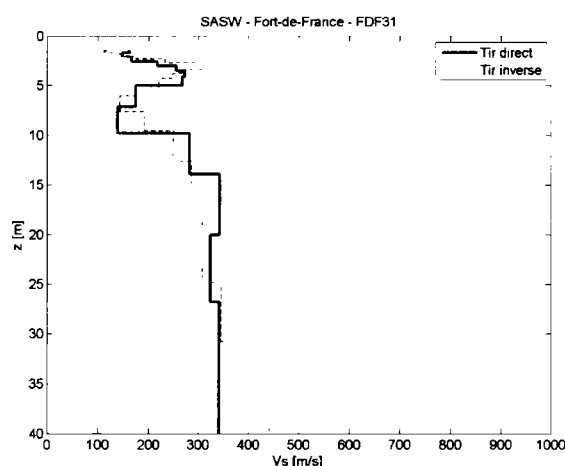
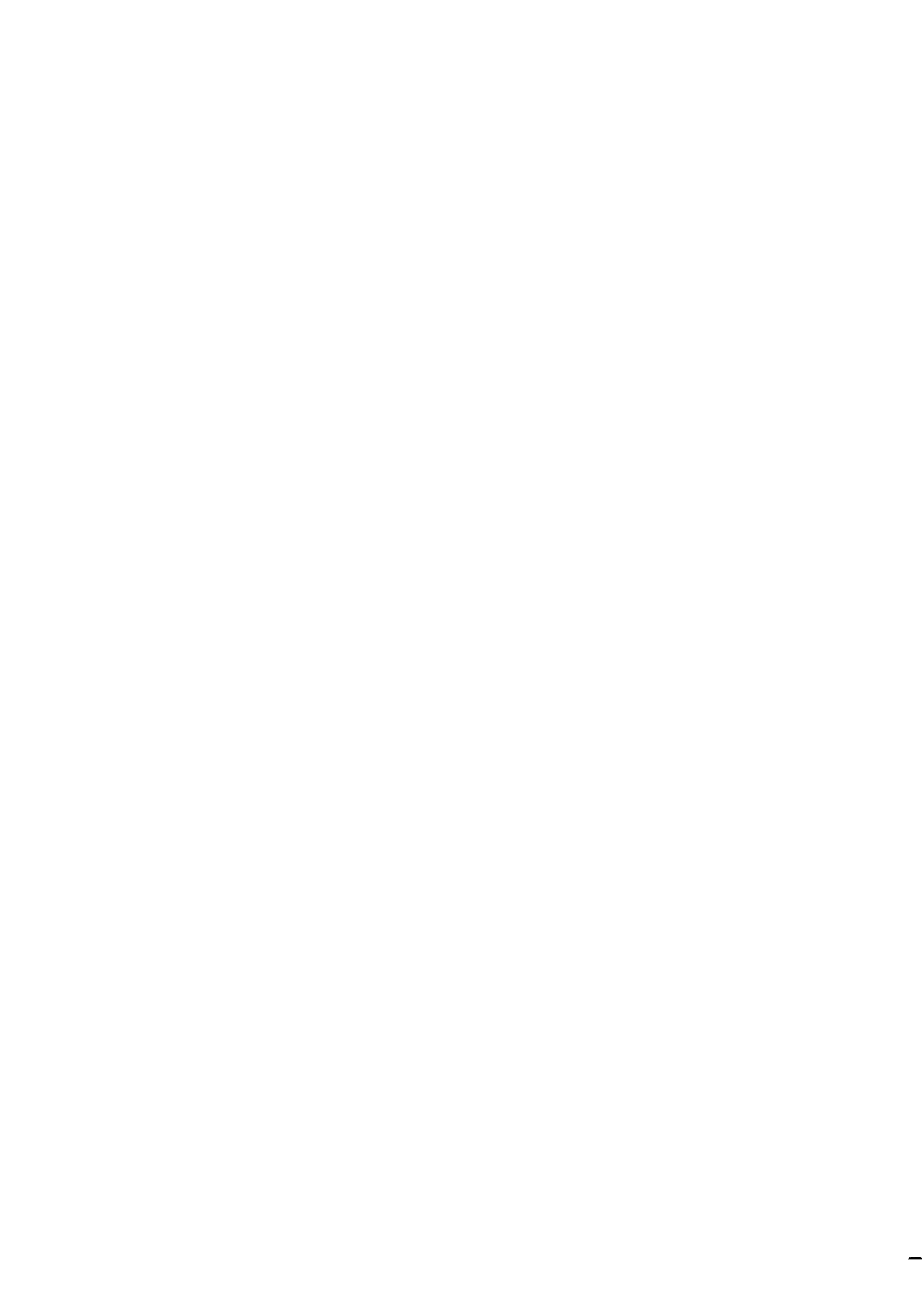


Figure 54 : Profils SASW sur le site du stade de la Pointe Simon, Fort-de-France (classe C des EC8).

## **Annexe 3**

### **Mesures H/V**



L'ensemble des rapports H/V présentés ici est listé dans le tableau ci-dessous et dans la Figure 55 et la Figure 56.

Identifiant	LOCALISATION	Latitude	Longitude	Source	Zonage 1996	Zonage EC8
1	Stade La Médaille	14.704210	-61.089500	2007	2	C
2	Hôpital psychiatrique de Colson	14.685830	-61.087000	2007	2	C
3	Stade de foot Balata (stand de tir)	14.664220	-61.088980	2007	6	E
4	Fond Lahaye	14.633810	-61.106970	2007	4	C
5	Anse-Madame	14.621150	-61.100190	2007	4	C
6	Stade de foot Madiana	14.620010	-61.101680	2007	4	C
7	Plage Madiana	14.612470	-61.098050	2007	4	C
9	Bochette	14.641160	-60.979710	2007	3	C
10	Bochette	14.634900	-60.978190	2007	6	E
11	Mangot Vulcin	14.626290	-60.990440	2007	6	E
12	Stade Place d'Armes	14.620050	-60.986110	2007	3	C
13	EDF Petit Morne	14.624730	-60.975290	2007	3	C
14	Long Pré (stade de foot)	14.633910	-61.007130	2007	4	C
15	SDPI La Lézarde (bord de la mangrove)	14.605650	-61.009270	2007	3	C
16	La Lézarde (derrière DDE, bord de la mangrove)	14.609760	-61.008500	2007	2	C
17	Gondeau	14.643170	-61.025240	2007	6	E
18	Basse Gondeau	14.622720	-61.024880	2007	5	C
19	Marina Port Cohé	14.592590	-61.013930	2007	3	C
20	Lareinty	14.598900	-60.993600	2007	2	C
21	Hippodrome	14.588570	-60.987950	2007	2	C
22	Jambette	14.615580	-61.039530	2007	6	E
23	Stade Dillon	14.601960	-61.048050	2007	1	D
24	BRGM	14.601680	-61.087870	2007	7	A
25	La Savane	14.603120	-61.067230	2007	4	C
26	Parc Floral	14.608950	-61.072910	2007	4	C
27	Stade de foot de la Folie	14.606800	-61.063580	2007	4	C
28	Théâtre	14.606580	-61.069620	2007	1	D
29	Préfecture	14.605050	-61.068090	2007	1	D
30	Jambette	14.615580	-61.039530	2007	6	E
31	Stade de foot Pointe Simon	14.601970	-61.075110	2007	2	C
MALA	Météo France Aéroport - Le Lamentin	14.595470	-60.995580	RAP	2	C
MAME	Météo Fort Desaix	14.618060	-61.063880	RAP	7	A
MAZM	Zone aéro-militaire	14.585700	-61.023030	RAP	6	E
MBRA	BRGM	14.603800	-61.077300	RAP	6	E
MCAA	Carénage	14.605200	-61.067000	RAP	2	C
MDIA	Dillon	14.609900	-61.049900	RAP	5	C
MEXA	Exotarium	14.609000	-61.073100	RAP	4	C
MPRA	Préfecture	14.606200	-61.067800	RAP	2	C
MTHA	Théâtre	14.606700	-61.069900	RAP	1	D
CGAB	Archives Départementales	14.606568	-61.080394	CGM	7	A
CGAS	Centre thermal Absalon	14.677320	-61.095567	CGM	6	E
CGAT	Centre Culturel Atrium	14.605241	-61.065703	CGM	4	C
CGCO	Immeuble Concorde	14.613620	-61.063650	CGM	6	E
CGDB	Collège Dillon 1	14.607670	-61.045017	CGM	5	C
CGDD	Collège Dillon 2	14.612540	-61.042970	CGM	6	E
CGPA	Collège Place d'Armes	14.616270	-60.989067	CGM	3	C
CGPB	Collège Petit-Manoir	14.612770	-60.996883	CGM	3	C
47	Ecole Plateau Didier	14.628710	-61.077600	2001	7	A
52	Ecole Emilie Fordant	14.604900	-61.067130	2001	2	C
57	Radio Balisier	14.629510	-61.055660	2001	7	A
58	Stade Louis Achille	14.602890	-61.084250	2001	7	A
66	Parc Naturel Régional	14.642380	-61.069870	2001	7	A

Tableau 10 : Liste et coordonnées des rapports H/V présentés en annexe. La colonne « source » indique la provenance des données : « 2007 » et « 2001 » correspondent à l'année des deux campagnes de mesures H/V réalisées par le BRGM, « RAP » correspond aux stations accélérométriques gérées par le RAP et « CGM » correspond aux stations du Conseil Général de la Martinique (Douglas et al., 2005).

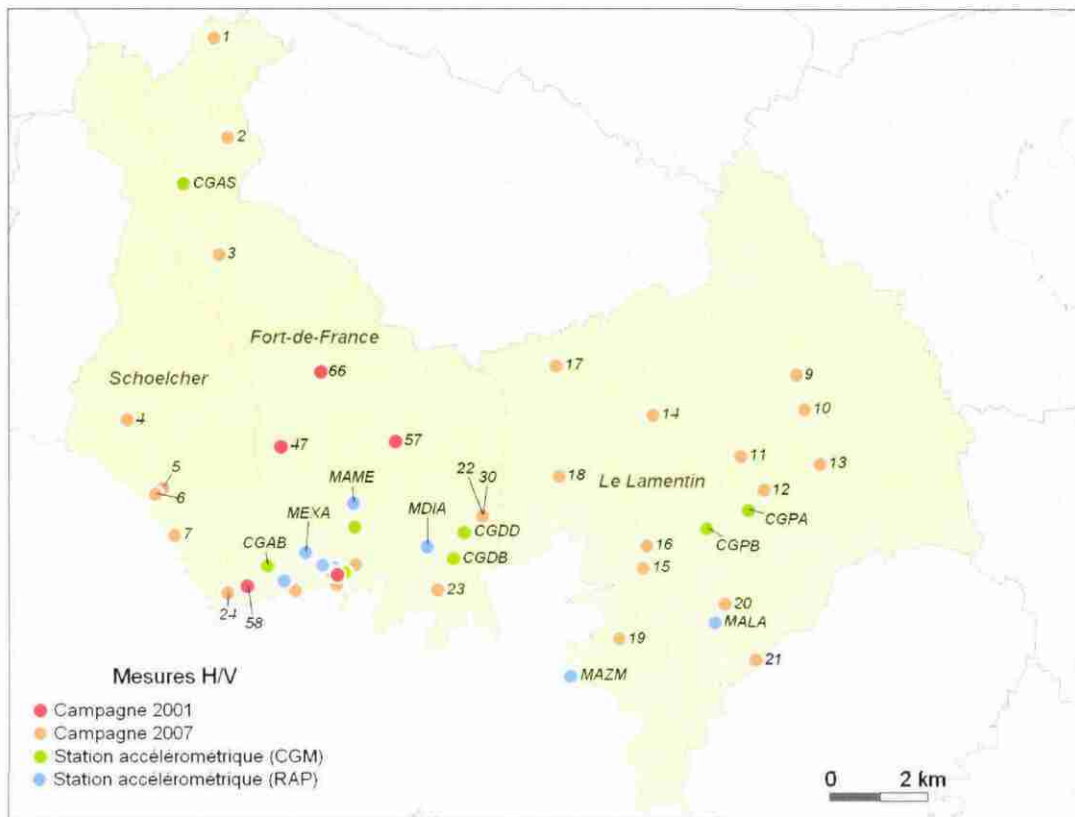


Figure 55 : Localisation des mesures H/V utilisées dans cette étude.

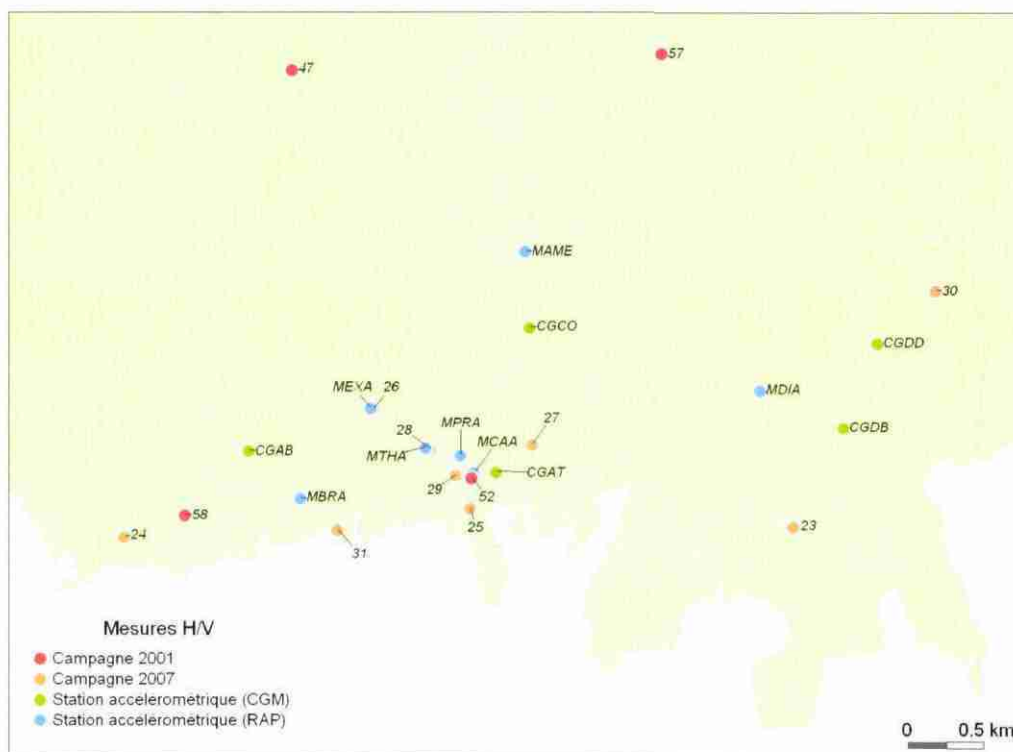


Figure 56 : Localisation des mesures H/V utilisées dans cette étude. Zoom sur la commune de Fort-de-France.

**Campagne 2007**

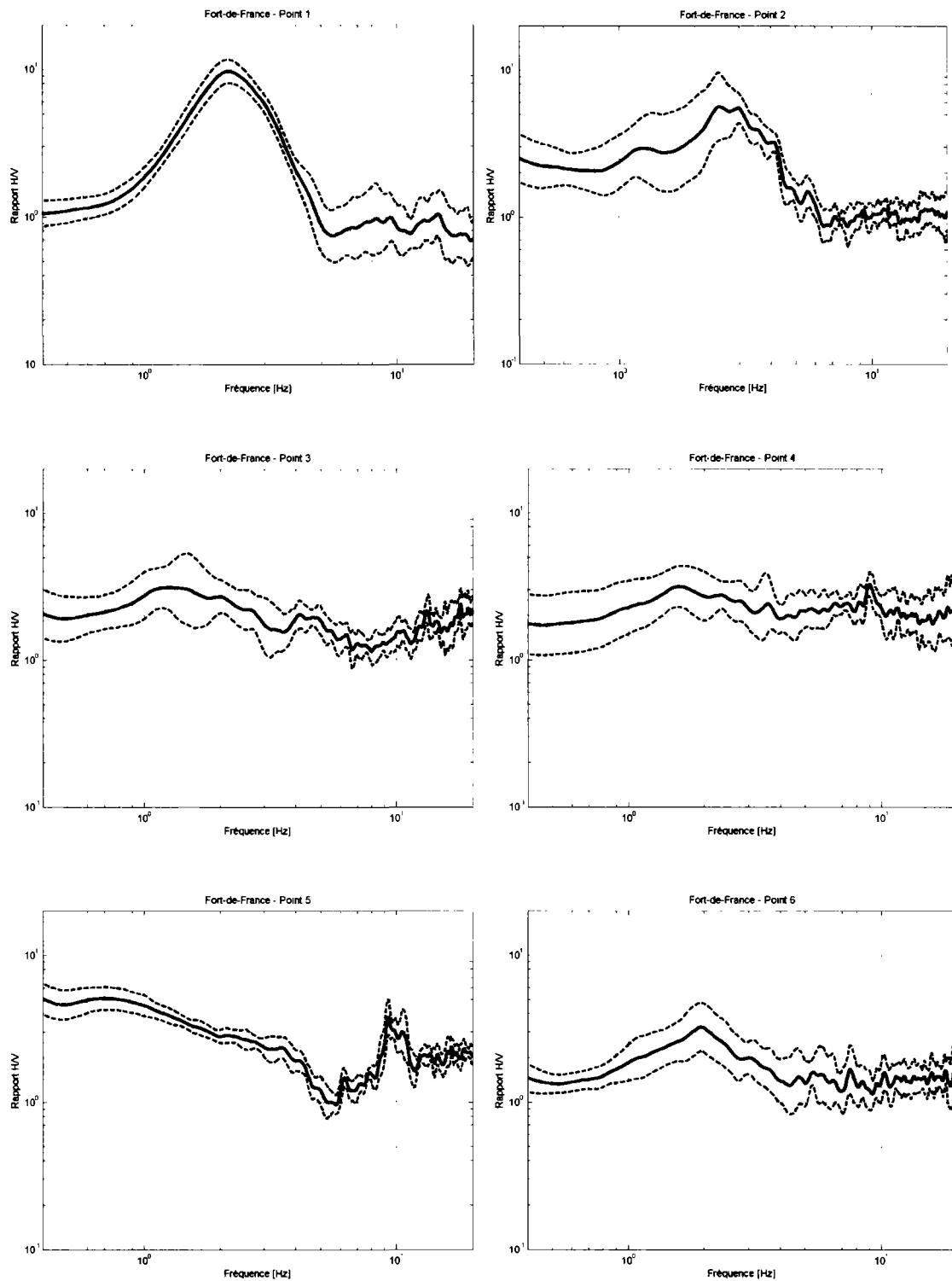


Figure 57 : Mesures H/V réalisées en 2007.

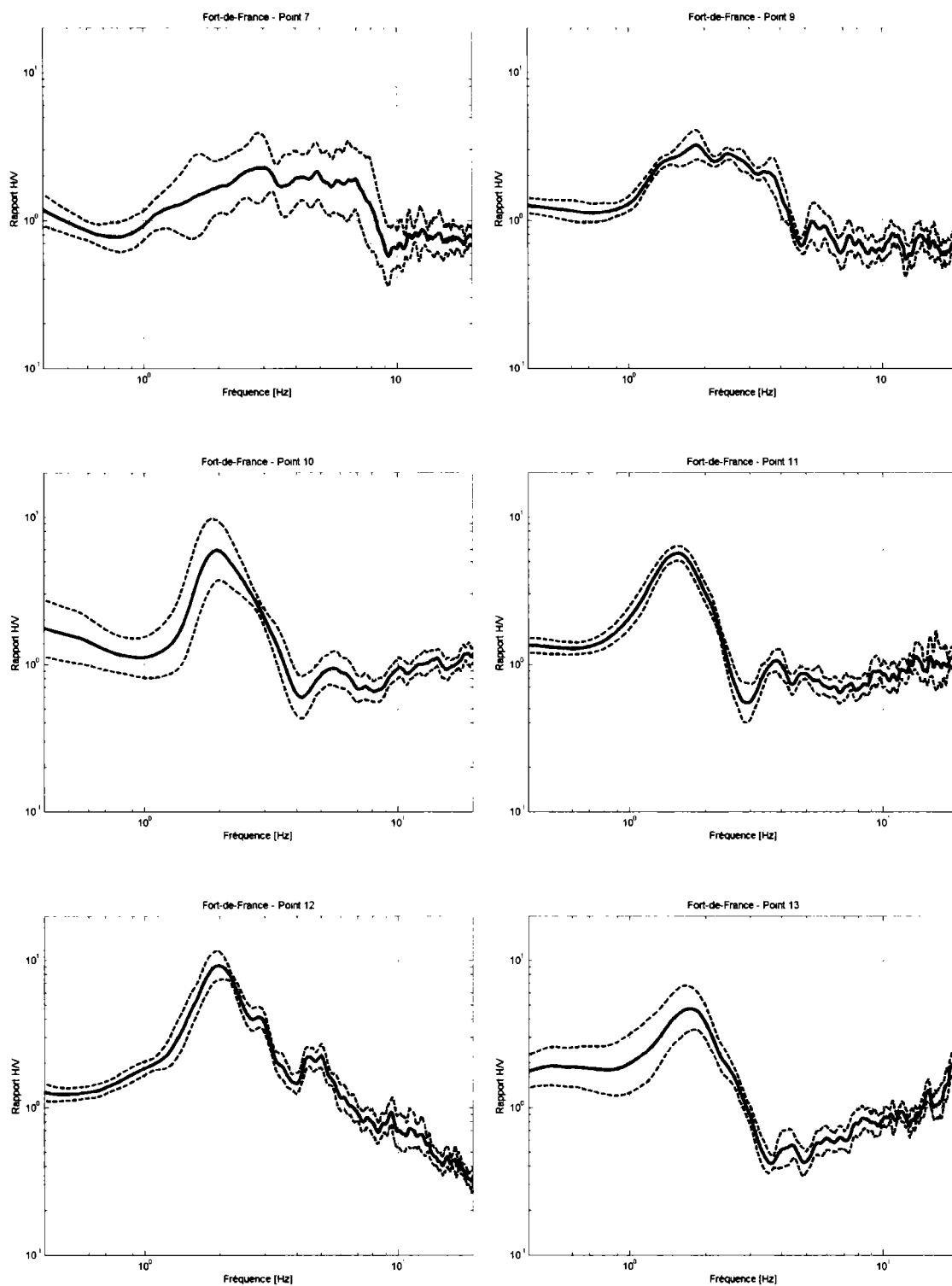


Figure 58 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).

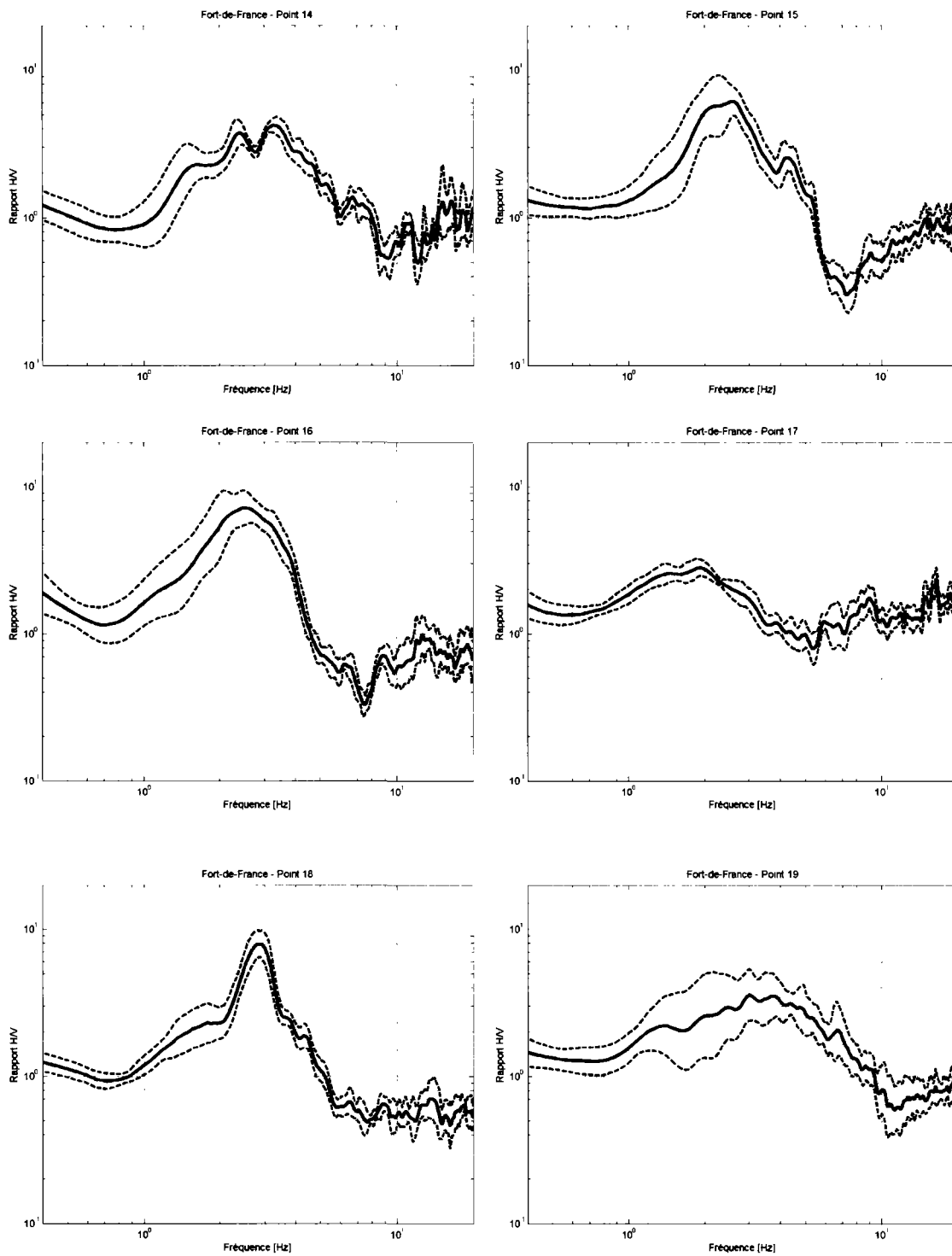


Figure 59 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).

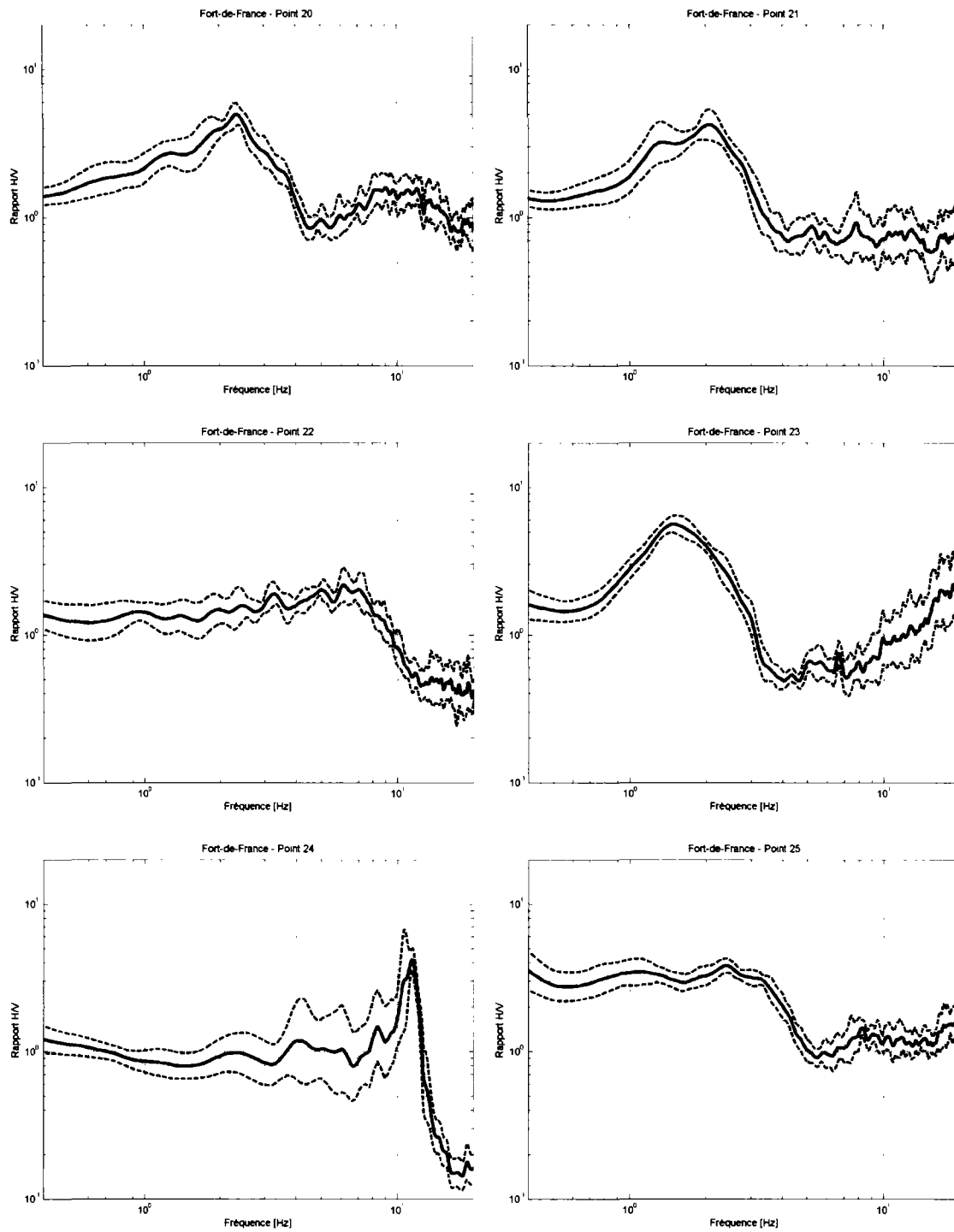


Figure 60 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).

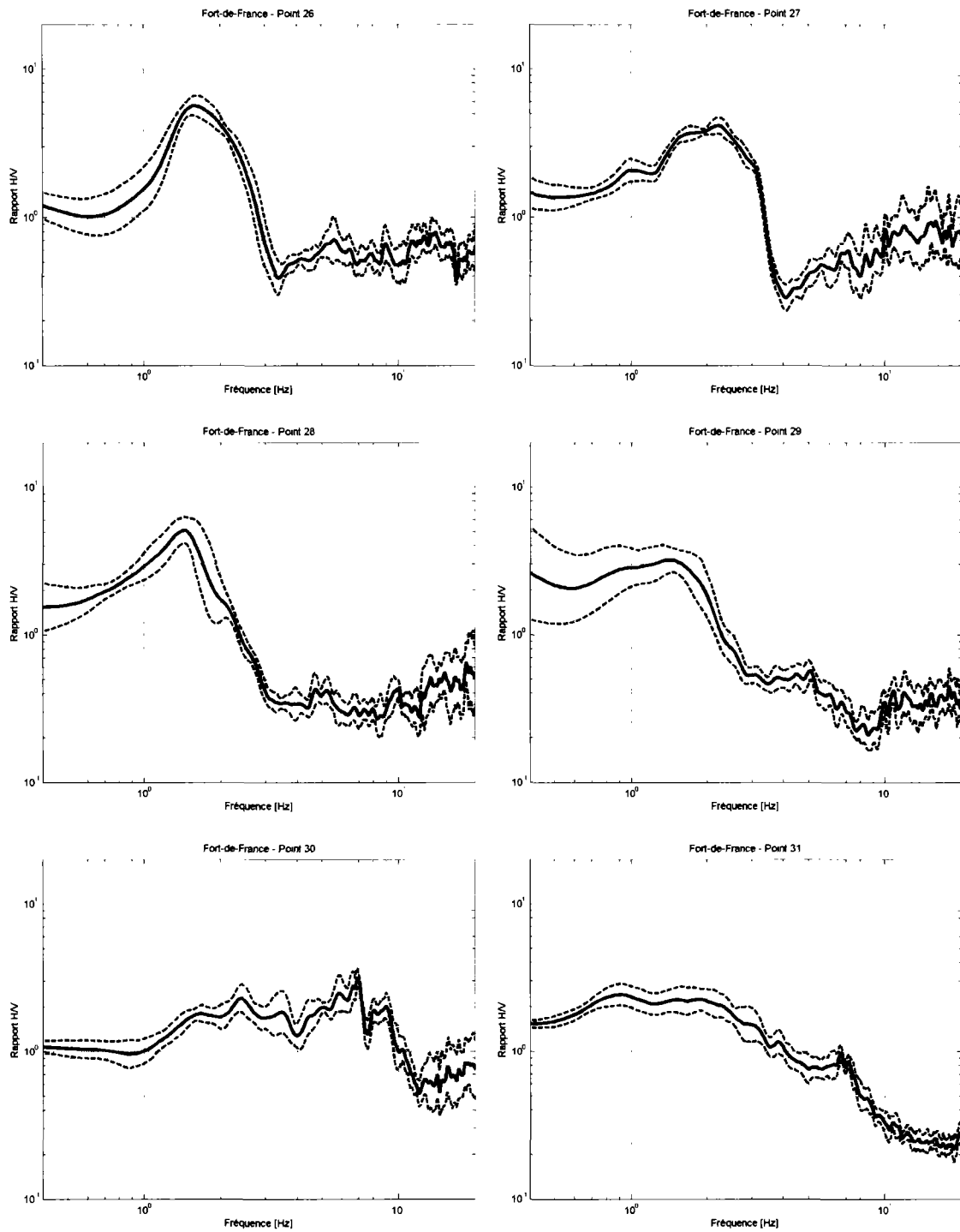


Figure 61 : Mesures H/V réalisées en 2007 (suite).

## Campagne 2001

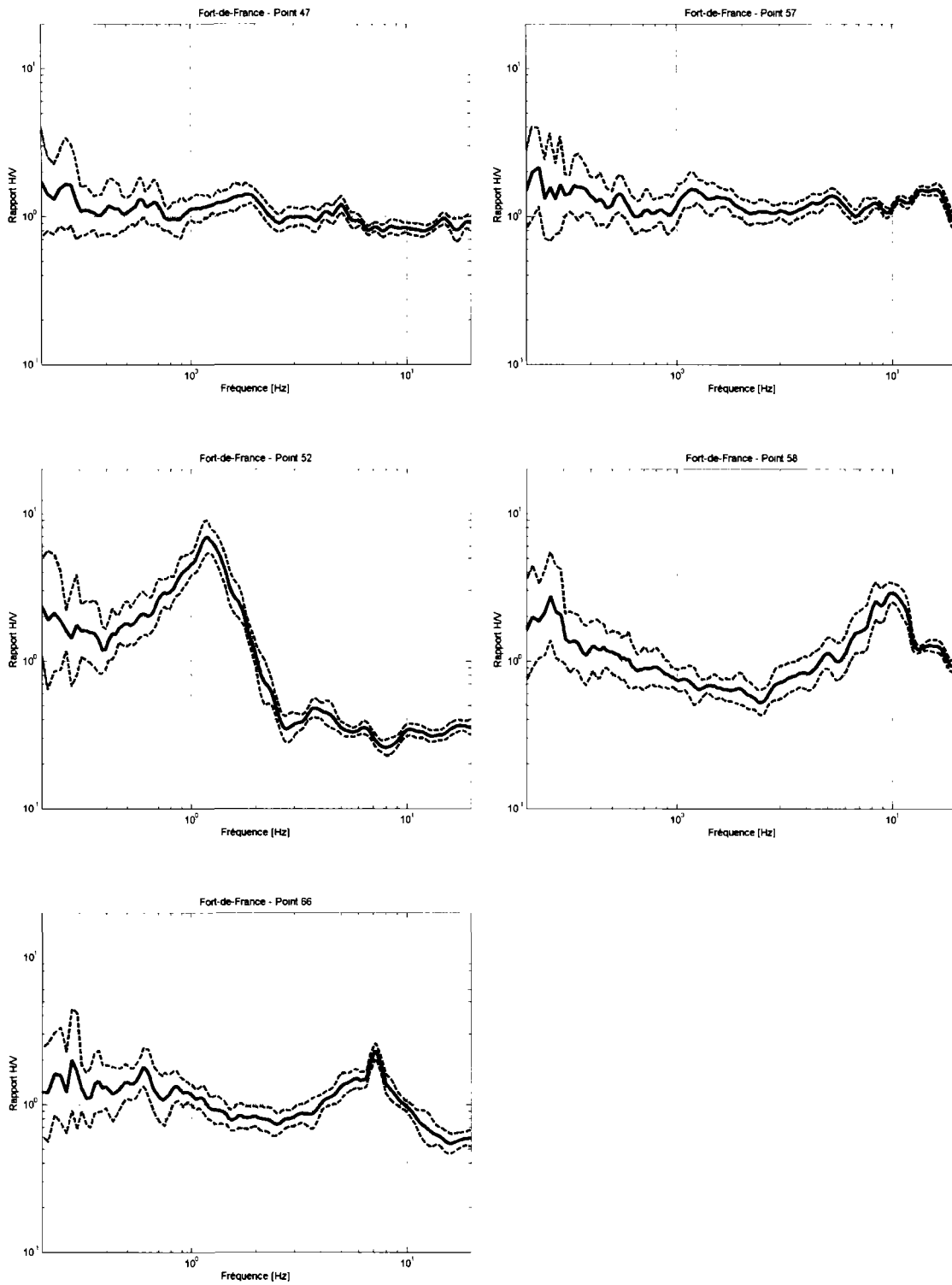


Figure 62 : Mesures H/V réalisées en 2001.

## Stations accélérométriques du RAP

Ces données seront bientôt disponibles en ligne sur le site du CDSA (Centre de Données Sismologiques des Antilles : <http://www.seismes-antilles.fr/>).

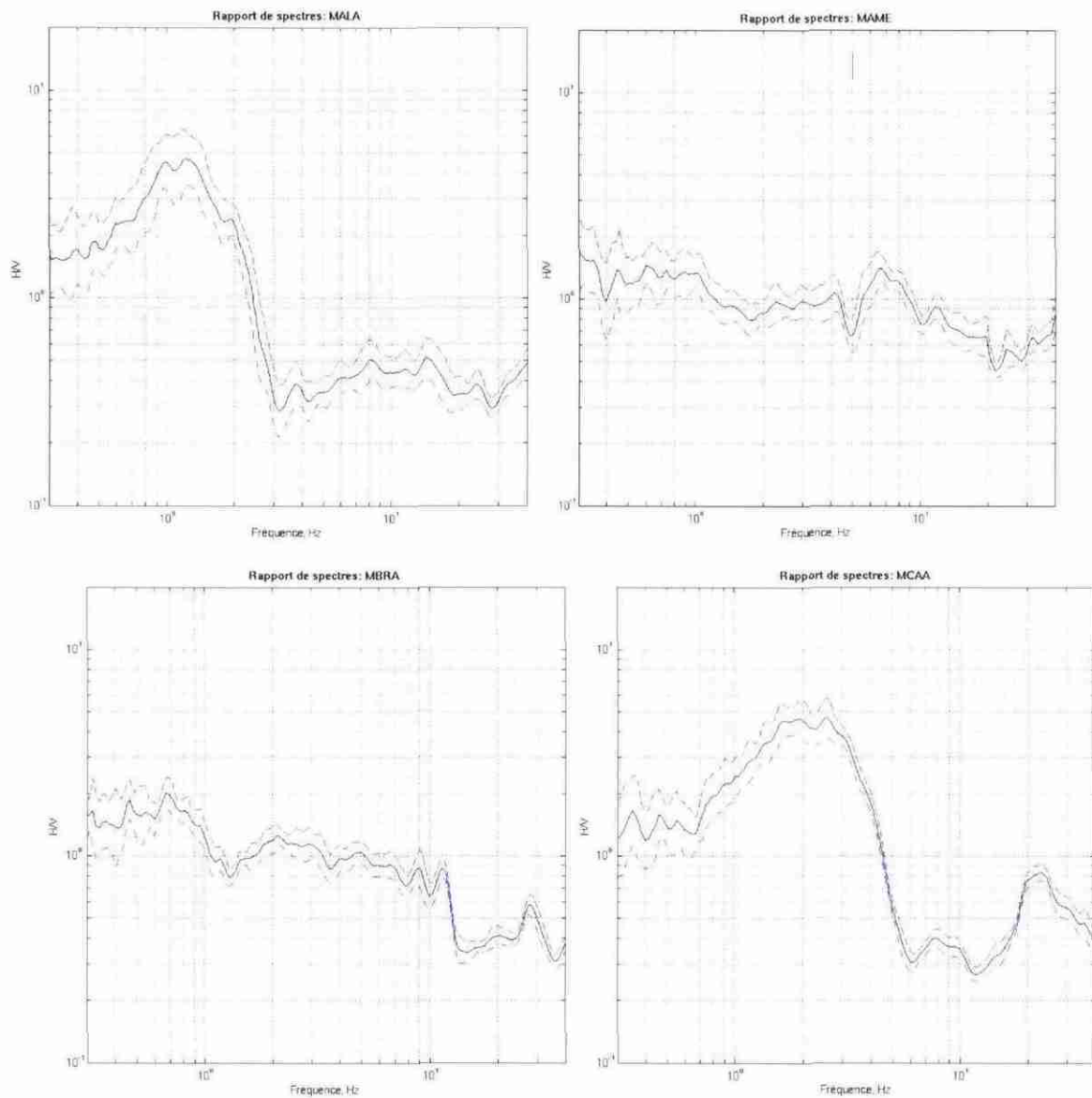


Figure 63 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du RAP.

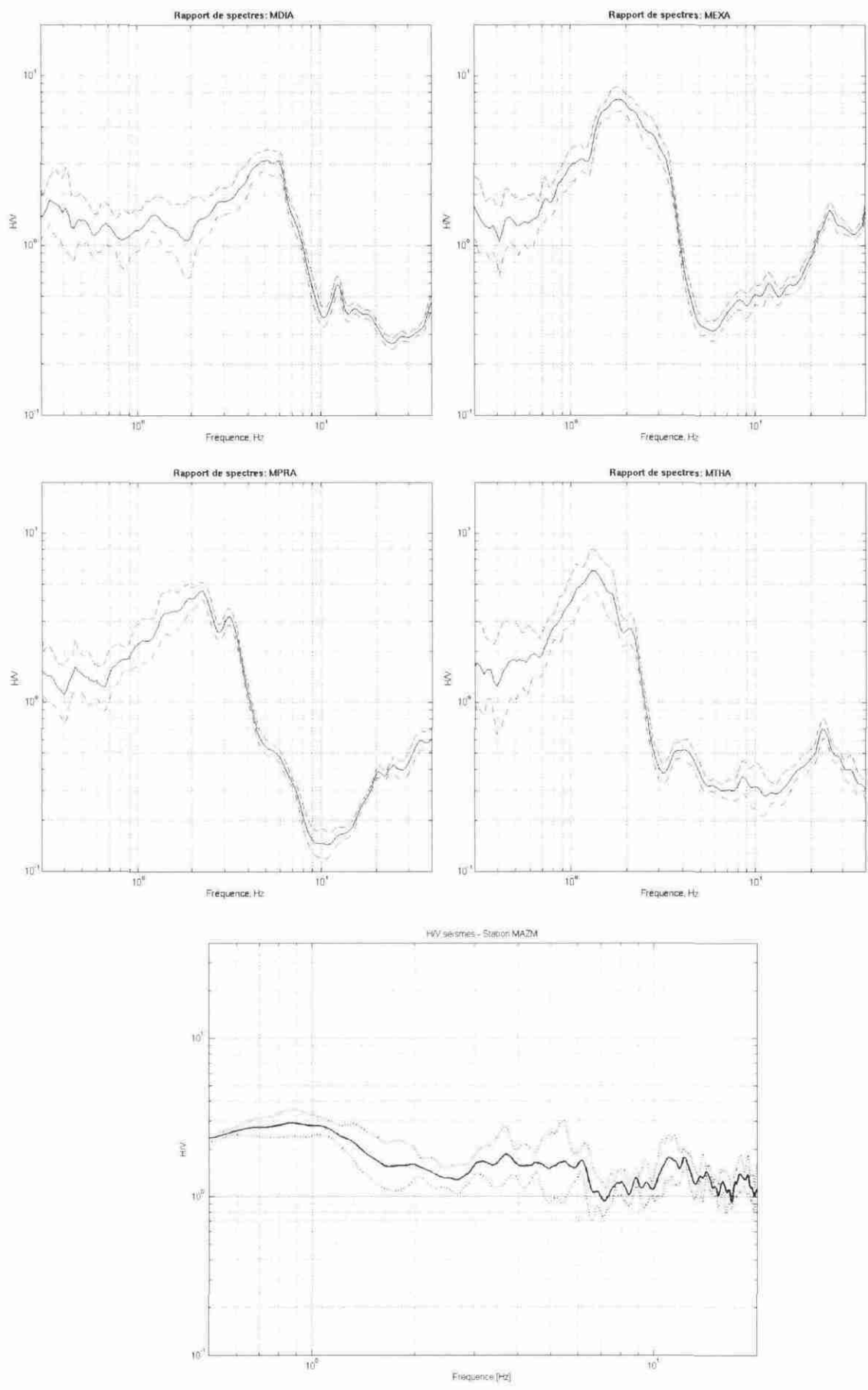


Figure 64 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du RAP (suite).

### **Stations du Conseil Général de la Martinique**

Nous présentons ici une sélection de quelques rapports H/V bruit de fond réalisés sur les sites des stations du Conseil Général de la Martinique. L'ensemble de ces données sont consultables dans le rapport BRGM/RP-53906-FR (Douglas *et al.*, 2005).

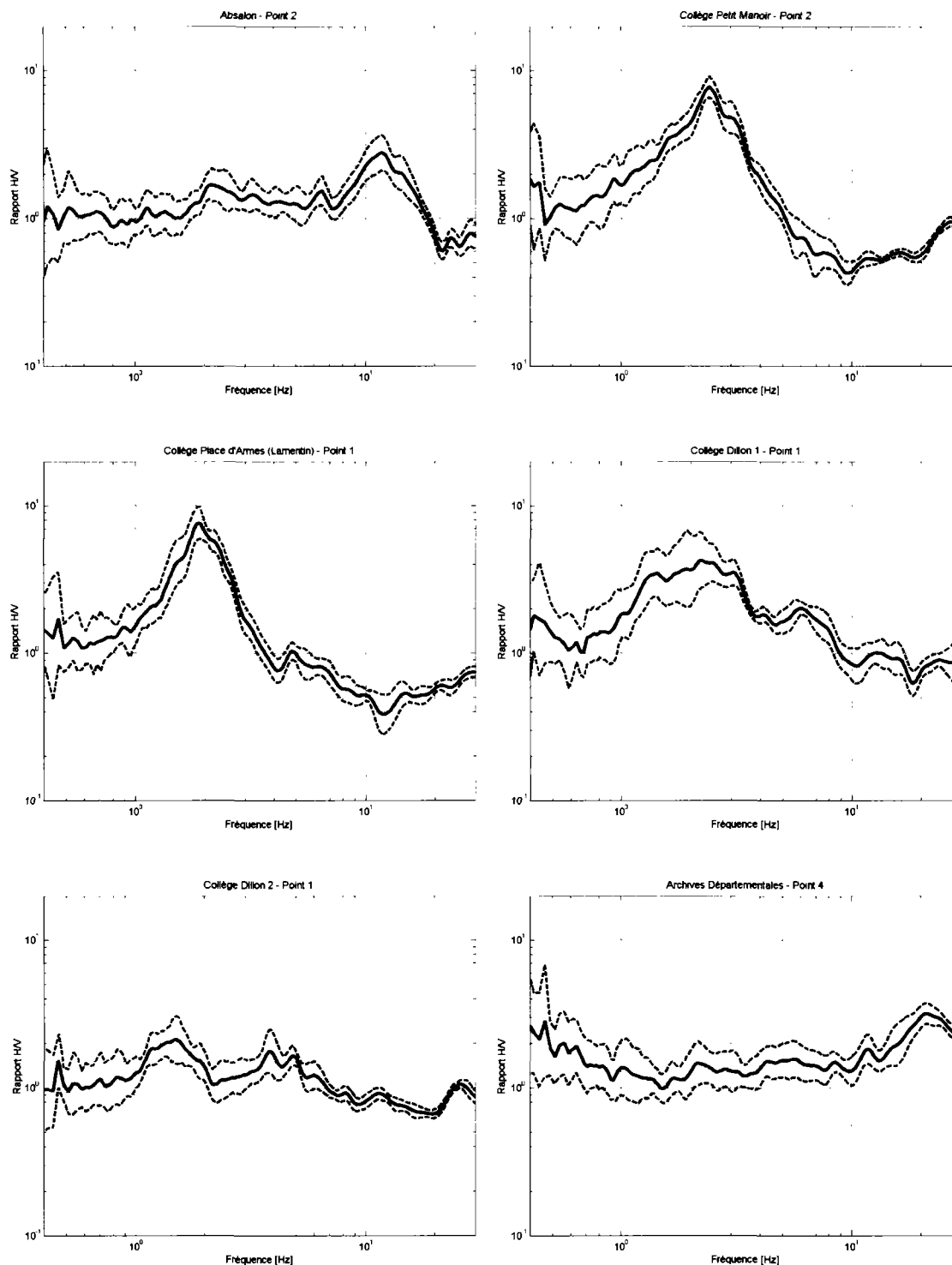


Figure 65 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du Conseil Général de la Martinique.

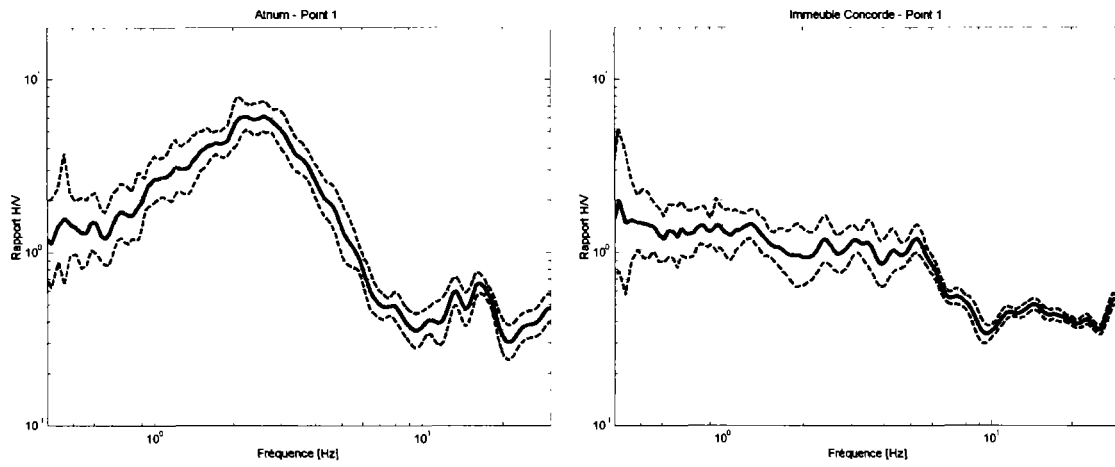


Figure 66 : Mesures H/V réalisées sur les sites des stations accélérométriques du Conseil Général de la Martinique (suite).

## **Annexe 4**

### **Synthèse des résultats**



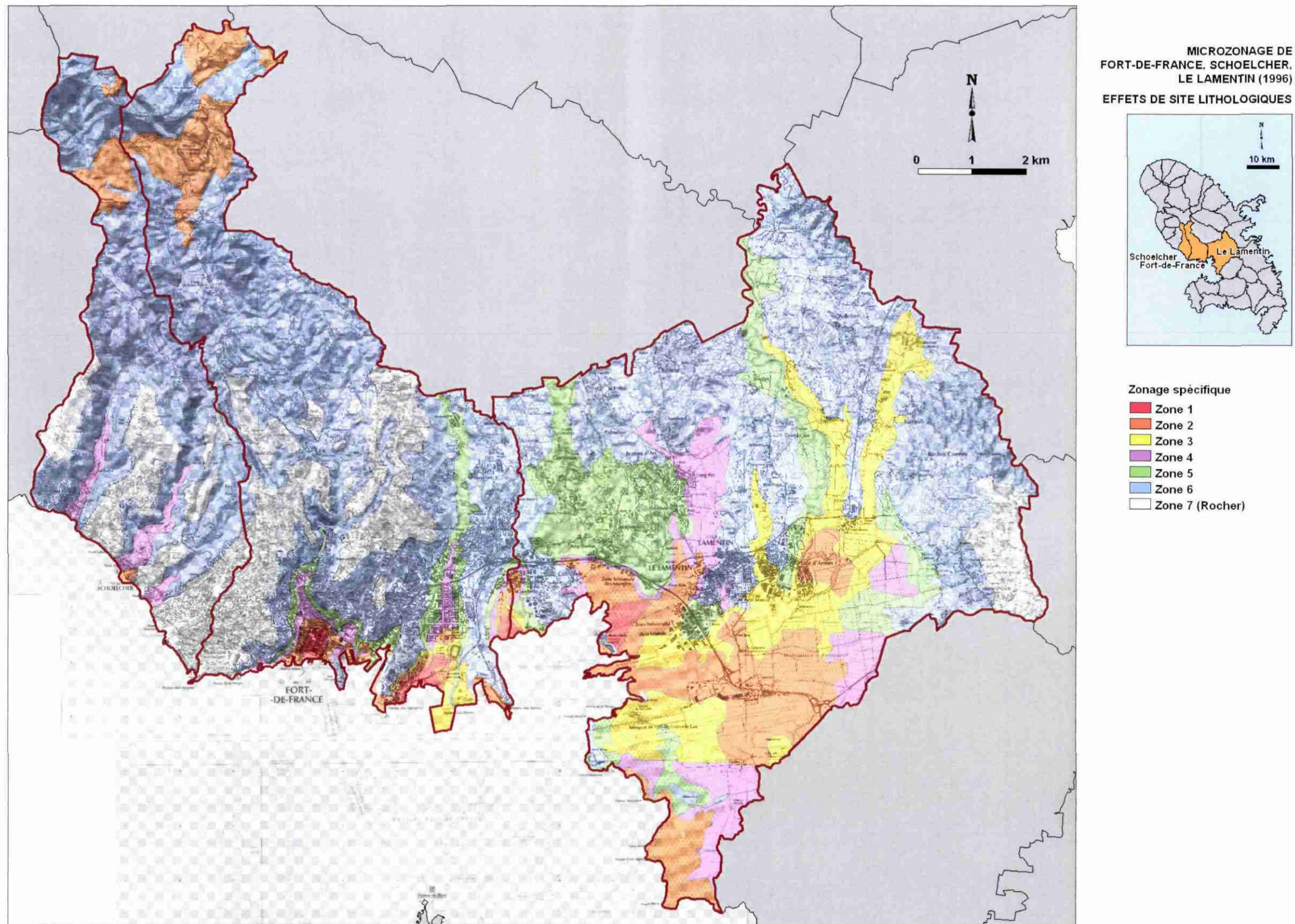


Figure 67 : Microzonage sismique des communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin réalisé en 1996 (d'après Chassagneux et al., 1996).



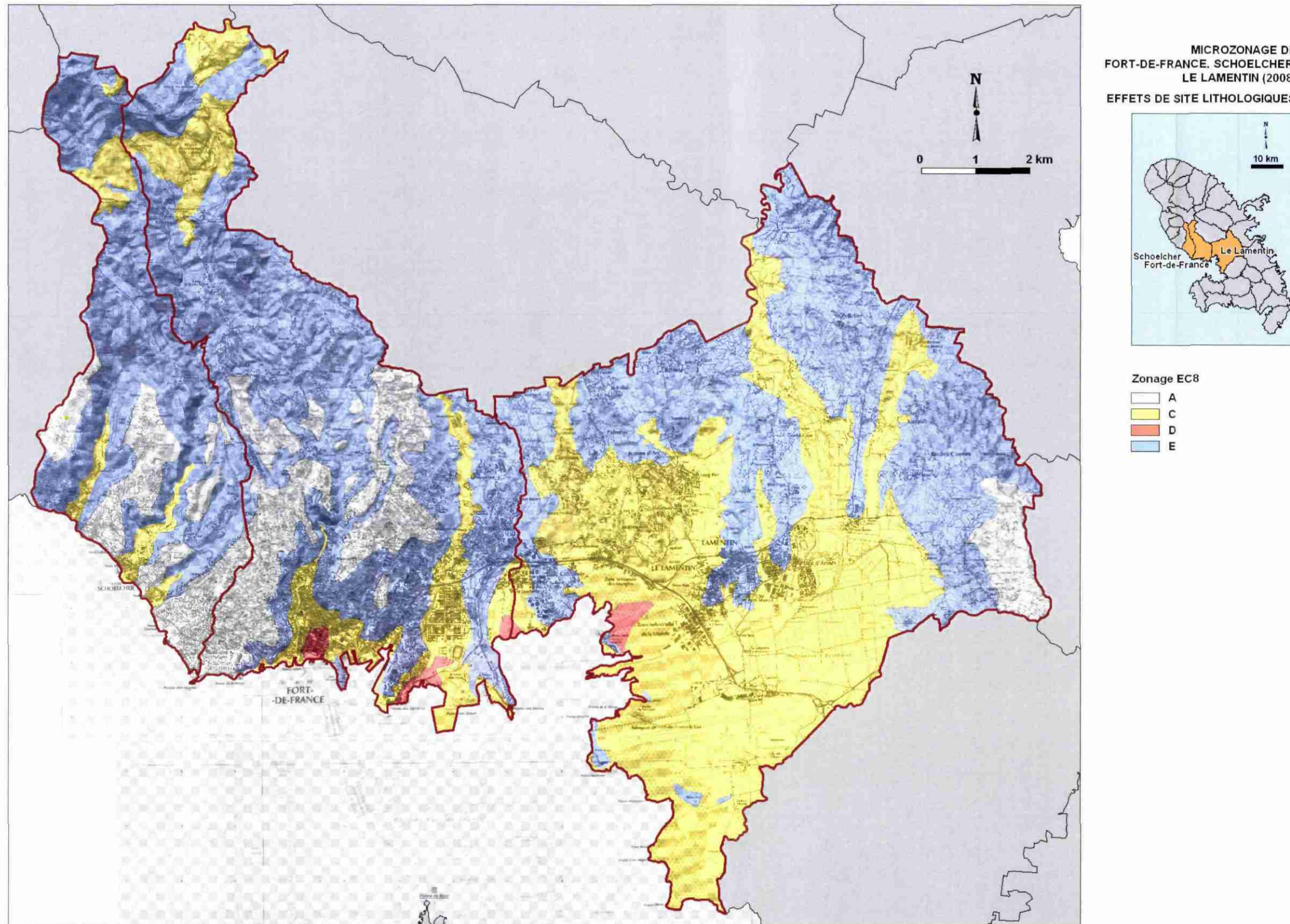


Figure 68 : Microzonage sismique des communes de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin d'après les EuroCode 8 (AFNOR, 2005).



Zone spécifique selon le zonage sismique de 1996	Classe EC8 correspondante
1	D
2	C
3	C
4	C
5	C
6	E
7 (rocher)	A

Tableau 11 : Correspondance entre le zonage réalisé en 1996 et le zonage selon les classes de sol des EC8 (AFNOR, 2005).

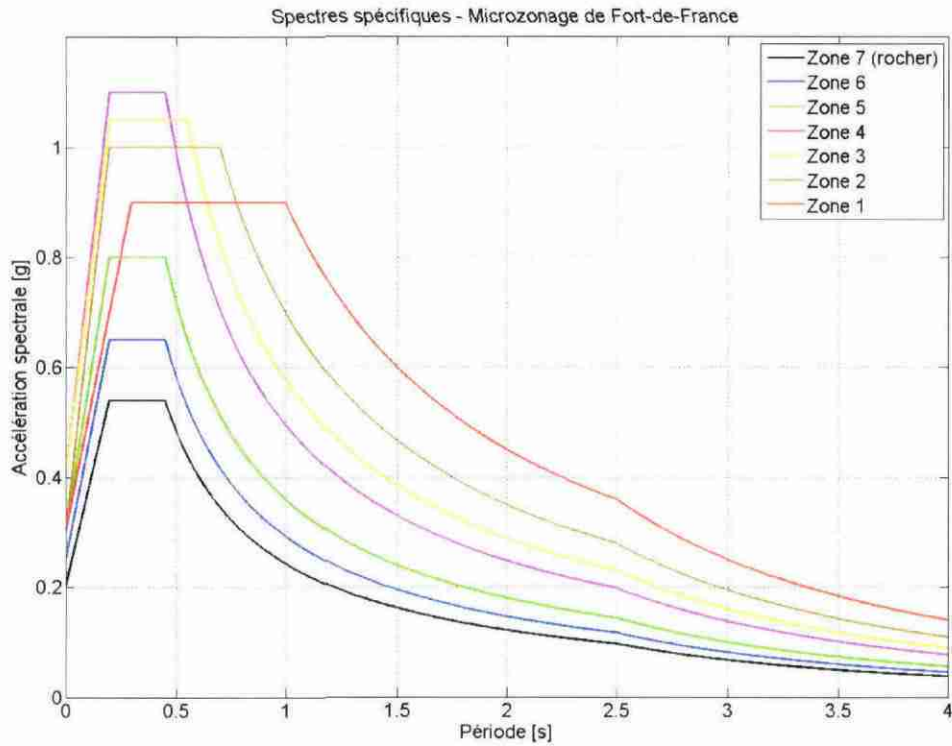


Figure 69 : Spectres spécifiques proposés lors du microzonage de 1996 et correspondant au zonage de la Figure 67 (à 5% d'amortissement).

Paramètres du spectre	$T_A$ (s)	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)	$R_A$ (g)	$R_M$ (g)
<b>Zone 1</b>	0	0.3	1	2.5	0.3	0.9
<b>Zone 2</b>	0	0.2	0.7	2.5	0.3	1
<b>Zone 3</b>	0	0.2	0.55	2.5	0.4	1.05
<b>Zone 4</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.4	1.1
<b>Zone 5</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.3	0.8
<b>Zone 6</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.25	0.65
<b>Zone 7 (rocher)</b>	0	0.2	0.45	2.5	0.2	0.54

Tableau 12 : Paramètres des spectres spécifiques de la Figure 69.

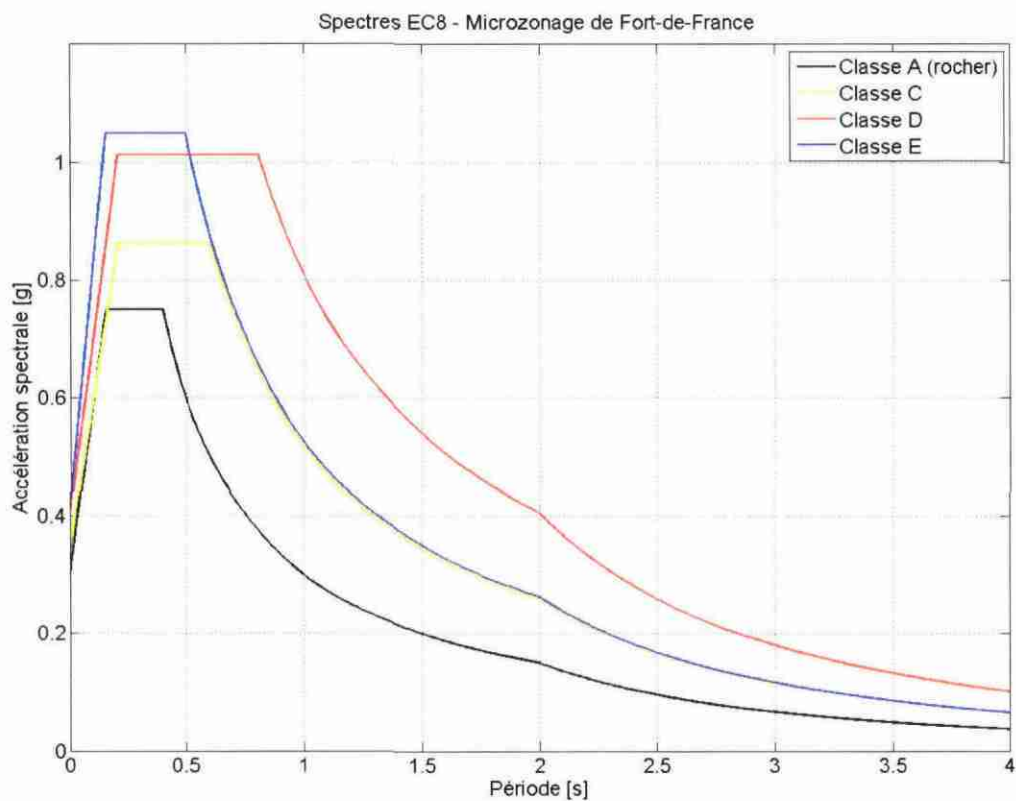


Figure 70 : Spectres forfaitaires EC8 (AFNOR, 2005) correspondant au zonage de la Figure 68 (à 5% d'amortissement).

Paramètres du spectre	$a_g$ (g)	S	TB (s)	TC (s)	TD (s)
<b>Classe A</b>	0.3	1.0	0.15	0.4	2.0
<b>Classe C</b>	0.3	1.15	0.20	0.6	2.0
<b>Classe D</b>	0.3	1.35	0.20	0.8	2.0
<b>Classe E</b>	0.3	1.4	0.15	0.5	2.0

Tableau 13 : Paramètres des spectres forfaitaires EC8 (AFNOR, 2005) de la Figure 70.

## **Annexe 5**

# **Cartographie du microzonage sismique de Fort-de-France, Schoelcher et Le Lamentin selon les EC8 au 1/25 000**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional de Martinique**  
4 lot. Miramar  
Route Pointe des Nègres  
97200 – Fort de France - France  
Tél. : 05 96 71 17 70

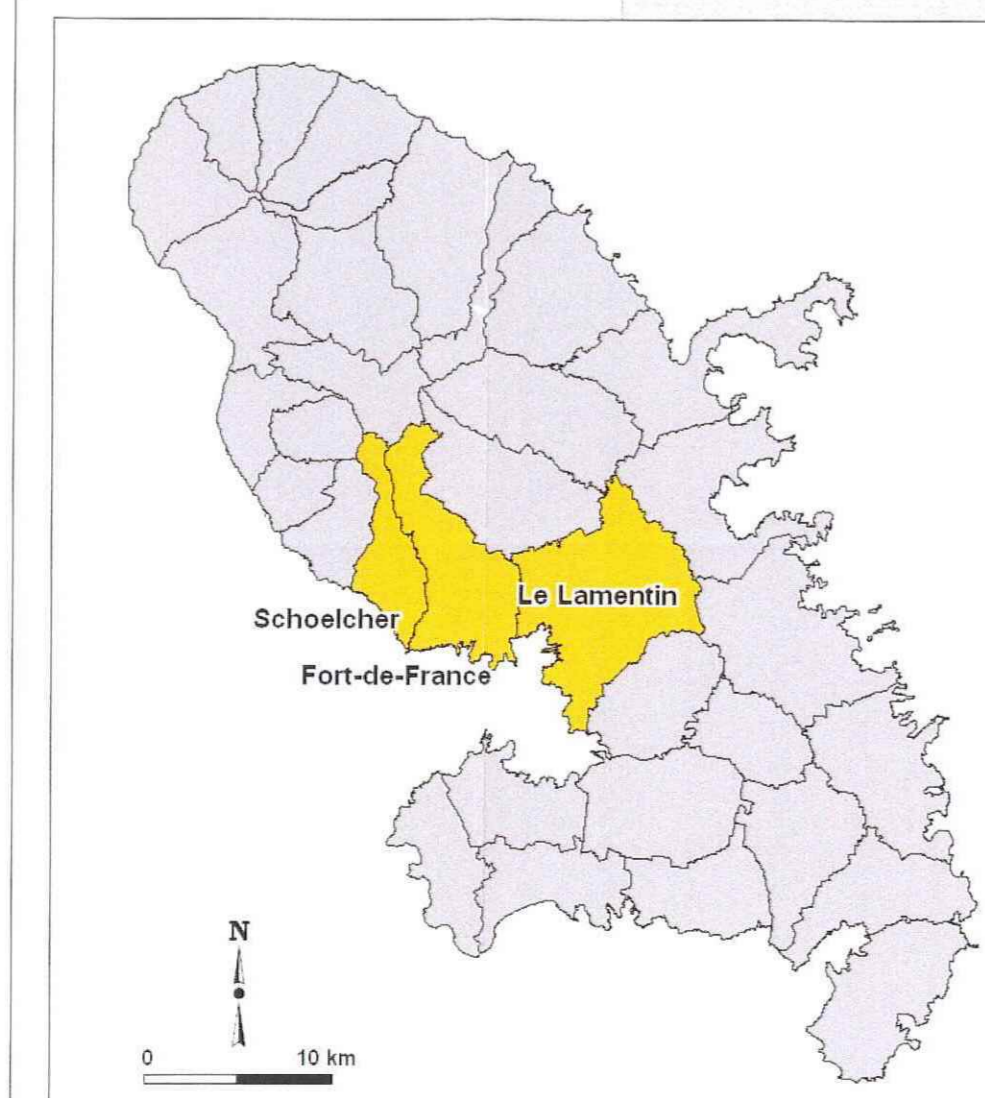
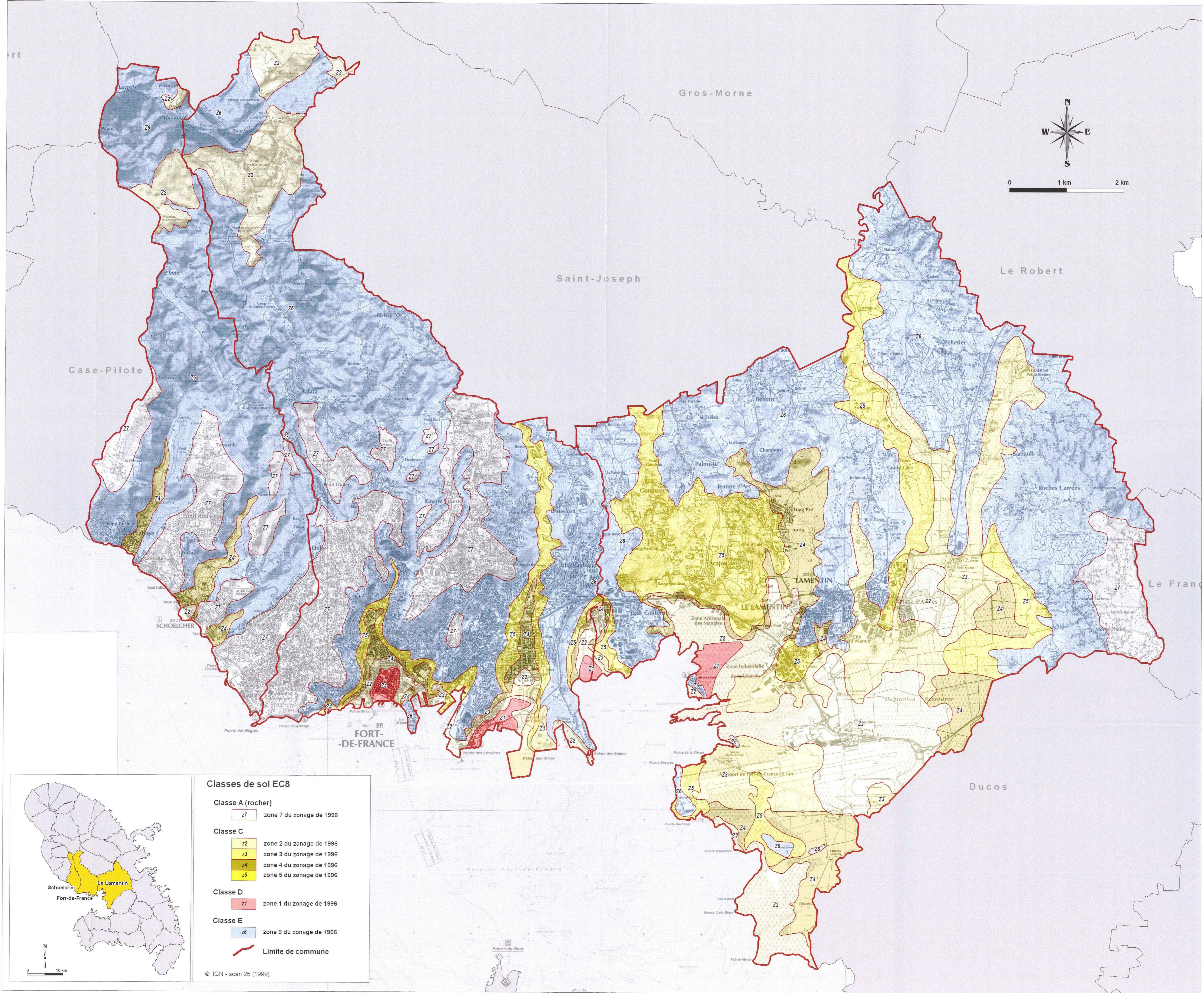
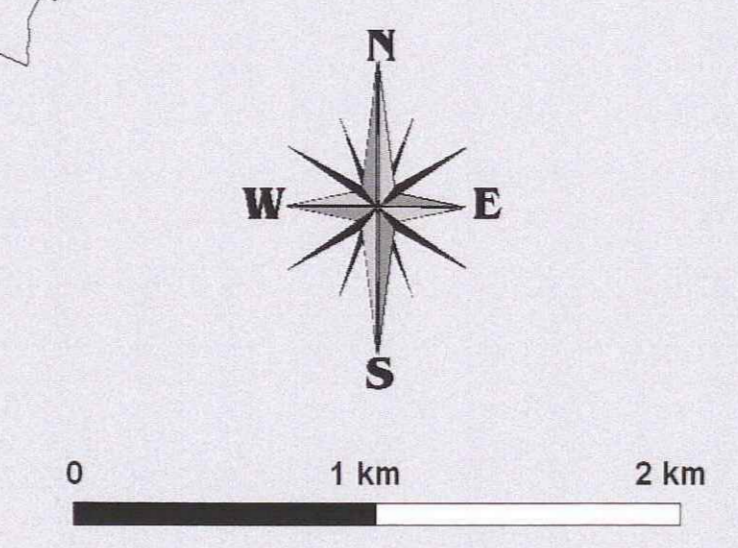


# Actualisation des microzonages sismiques de Fort-de-France, Le Lamentin, Schoelcher (Martinique)

Effets de site lithologiques (EC8)

Echelle 1/ 25 000

BRGM/RP-56074-FR  
Mars 2008



**Classes de sol EC8**

<b>Classe A (rocher)</b>	z7	zone 7 du zonage de 1996
<b>Classe C</b>	z2	zone 2 du zonage de 1996
	z3	zone 3 du zonage de 1996
	z4	zone 4 du zonage de 1996
	z5	zone 5 du zonage de 1996
<b>Classe D</b>	z1	zone 1 du zonage de 1996
<b>Classe E</b>	z6	zone 6 du zonage de 1996
		Limite de commune

© IGN - scan 25 (1999)