



# Synthèse de la crise sismique des Saintes (Guadeloupe) entre le 21 novembre 2004 et le 30 mars 2005

Rapport final

BRGM/RP-54401-FR  
décembre 2005





# Synthèse de la crise sismique des Saintes (Guadeloupe) entre le 21 novembre 2004 et le 30 mars 2005

Rapport final

**BRGM/RP-54401-FR**  
décembre 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2005-RIS-G15

**D. Bertil**

Avec la collaboration de  
**S. Bes de Berc et J. Douglas**

**Vérificateur :**

Original signé par :

Nom : Ph. Sabourault

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Original signé par :

Nom : H. Modaresi

Date :

Signature :

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



**Mots clés** : Guadeloupe, Saintes, Séisme, Mouvements forts, Intensité macrosismique, Dégâts, Mouvements de terrain, Retour d'expérience.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Bertil D.**, avec la collaboration de **Bès de Berc S.** et **Douglas J.** (2005) - Synthèse de la crise sismique des Saintes (Guadeloupe) entre le 21 novembre 2004 et le 30 mars 2005. Rapport BRGM/RP-54401-FR. 238 p., 172 fig., 5 tabl., 6 ann.

## Synthèse

Le séisme du 21 novembre 2004 aux Saintes se produit après plus d'un siècle sans séisme, provoquant des dégâts conséquents en Guadeloupe. Son impact sur la population est donc important, rappelant à ceux qui l'avaient oublié que le risque sismique est un risque naturel majeur aussi important, sinon plus, que le risque volcanique ou cyclonique.

Ce rapport fait un bilan global de la crise sismique des Saintes, en tenant compte des données accumulées sur plusieurs mois et des résultats scientifiques qui ont été diffusés ou publiés depuis le 21 novembre 2004.

Y sont décrits :

- le contexte sismotectonique avant la crise ;
- la localisation et les caractéristiques des séismes du 21 novembre 2004, du 14 février 2005 et des principales répliques entre novembre et mars 2005 ;
- l'évaluation des intensités macrosismiques du séisme du 21 novembre ;
- un descriptif des principaux dommages observés aux bâtiments et des mouvements de terrains expertisés par le BRGM ;
- un bilan des données accélérométriques enregistrées, des premiers traitements effectués et ainsi que des comparaisons avec les modèles.

Cette synthèse permet de faire une analyse de retour d'expérience et des recommandations portant principalement sur :

- l'information sismologique délivrée aux autorités sitôt après le séisme ;
- le fonctionnement des réseaux de stations accélérométriques et les enregistrements de données ;
- leur apport pour l'évaluation rapide des effets ressentis ;
- le déroulement des enquêtes macrosismiques et la caractérisation de la typologie de vulnérabilité du bâti qui en résulte ;
- l'apport possible du centre de données sismologiques des Antilles en période de crise ;
- les conséquences des mouvements de terrains.

Cette étude rentre dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 05RISG15.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	15
<b>2. Contexte sismotectonique</b> .....	17
2.1. PLAQUE CARAÏBE ET SUBDUCTION .....	17
2.2. LES FAILLES SUPERFICIELLES INTRAPLAQUES.....	18
2.3. LE SYSTÈME DE FAILLES DES SAINTES .....	19
2.4. SISMICITÉ HISTORIQUE.....	21
2.5. SISMICITÉ INSTRUMENTALE.....	22
<b>3. Le séisme du 21 novembre 2004</b> .....	25
3.1. LOCALISATION, MAGNITUDE ET MÉCANISME AU FOYER .....	26
3.1.1. Localisation.....	26
3.1.2. Magnitude.....	27
3.1.3. Mécanisme au foyer .....	27
3.2. INTENSITÉ MACROSISMIQUE .....	27
3.2.1. Enquête macrosismique BCSF-CDSA-BRGM .....	27
3.2.2. Intensités en Guadeloupe.....	28
3.2.3. Intensités aux Petites Antilles .....	30
3.3. DOMMAGES AUX BÂTIMENTS.....	30
3.4. TSUNAMI ET LIQUÉFACTION.....	32
3.5. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES .....	33
3.5.1. Les réseaux accélérométriques.....	33
3.5.2. Valeurs maximales de pics (PGA).....	34
3.5.3. Comparaisons des PGA avec les modèles d'atténuation.....	35
3.5.4. Spectres de réponse – 21 novembre 2004 .....	40
<b>4. Le séisme du 14 février 2005</b> .....	41
4.1. LOCALISATION, MAGNITUDE ET MÉCANISME AU FOYER .....	41
4.2. EFFETS OBSERVÉS .....	43

4.2.1. Enquêtes macrosismiques .....	43
4.2.2. Dommages aux Saintes .....	43
4.2.3. Traînée Blanche .....	44
4.2.4. Tsunami .....	45
4.3. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES .....	46
4.3.1. Valeurs maximales de pics (PGA) .....	46
4.3.2. Comparaison des PGA avec les modèles d'atténuation .....	47
4.3.3. Spectres de réponse – 14 février 2005 .....	48
<b>5. La crise sismique entre le 21 novembre 2004 et le 30 mars 2005 .....</b>	<b>51</b>
5.1. ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DE LA CRISE .....	51
5.1.1. Le suivi des répliques à partir de la station accélérométrique GJYA .....	51
5.2. LOCALISATION DES RÉPLIQUES PRINCIPALES .....	53
5.3. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES .....	57
5.3.1. Données des réseaux de Guadeloupe .....	57
5.3.2. Stations accélérométriques des Saintes .....	58
<b>6. Les mouvements de terrains .....</b>	<b>61</b>
6.1. MOUVEMENTS DE TERRAIN ACTIVÉS PAR LE SÉISME DU 21 NOVEMBRE .....	61
6.1.1. Éboulements sur la RD6 entre Rivière Sens et Vieux Fort .....	61
6.1.2. Glissements de terrain et éboulements sur la RD11 (Route de la Soufrière) .....	62
6.1.3. Coulées de boues, glissements de terrain et chute de blocs sur le Dôme de la Soufrière .....	62
6.1.4. Éboulement aux deuxièmes chutes du Carbet (commune de Capesterre Belle Eau) .....	63
6.1.5. Éboulements dans la commune de Capesterre Belle Eau .....	63
6.1.6. Affaissement de chaussée et chute de blocs sur la RD213 (Terre de Bas, Les Saintes) .....	64
6.1.7. Glissements de terrain, éboulements, chutes de blocs et affaissements sur la RD214 et les routes communales à Terre de Haut (Les Saintes) .....	64
6.1.8. Les éboulements de Trou aux Chiens (commune de Capesterre Belle Eau) .....	65
6.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN ACTIVÉS PAR LE SÉISME DU 14 FÉVRIER .....	65
6.2.1. Observations aux Saintes le 15 février .....	66



<b>7. Bilan et retour d'expérience</b> .....	71
7.1. INFORMATION SISMOLOGIQUE DE CRISE .....	71
7.1.1. Localisation et estimation de magnitude .....	71
7.1.2. Évaluation des effets .....	73
7.1.3. Contexte tectonique.....	74
7.2. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES .....	75
7.2.1. Fonctionnement des réseaux .....	75
7.2.2. Modèles d'atténuation et cartes de pic d'accélération .....	77
7.3. ENQUÊTES MACROSISMIQUES ET VULNÉRABILITÉ DU BÂTI .....	77
7.3.1. Déroulement de l'enquête macrosismique collective .....	77
7.3.2. Enquête macrosismique individuelle .....	79
7.3.3. Typologie du bâti en terme de vulnérabilité .....	79
7.4. MOUVEMENTS DE TERRAIN .....	80
7.5. CENTRE DE DONNÉES SISMOLOGIQUES DES ANTILLES.....	81
<b>8. Bibliographie</b> .....	83

## Liste des figures

Figure 1 - Bathymétrie de l'arc des Petites Antilles et position du séisme des Saintes. ....	16
Figure 2 - Tectonique de l'Arc des Petites Antilles (source : N. Feuillet, 2000).....	17
Figure 3 - Coupe de la subduction au niveau de la Guadeloupe (source : Geoter, 2002). ....	18
Figure 4 - Failles intraplaques autour de la Guadeloupe (source : N. Feuillet, 2001). ....	19
Figure 5 - Le système de failles des Saintes (source : N. Feuillet, 2000). ....	20
Figure 6 - Coupes du système de faille des Saintes (source : N. Feuillet, 2000).....	21
Figure 7 - Principaux séismes destructeurs de Guadeloupe et Martinique (source : BRGM, SisFrance). ....	22
Figure 8 - Sismicité instrumentale des Saintes, 1981-2004 (sources : Bertil <i>et al.</i> , 2004 et fond de carte N. Feuillet, 2000). ....	23
Figure 9 - Localisations USGS, OVSG et CDSA (sources : Bertil <i>et al.</i> , 2004 ; fond de carte N. Feuillet, 2000). ....	25
Figure 10 - Intensités macrosismiques du séisme des Saintes (source : BCSF). ....	29
Figure 11 - Terre de Bas, église de Petites Anses après le séisme .....	31

Figure 12 - La Plaine-Trois Rivières, effondrement partiel d'une maison. ....	31
Figure 13 - Portsmouth, Dominique, effondrement partiel de l'église catholique.....	32
Figure 14 - Portsmouth, Dominique, dommages sur l'ancienne église anglicane. ....	32
Figure 15 - PGA observés le 21 novembre et courbes d'atténuation au rocher. ....	36
Figure 16 - Modélisation du PGA avec le modèle Sadigh et al. (1997), tenant compte des effets de site.....	37
Figure 17 - Position de l'épicentre du séisme du 14 février 2005 (fond de carte N. Feuillet, 2000).....	42
Figure 18 - Terre de Haut, dommages au Petit Amphi après le séisme du 14 février (source : M. Bellenus). ....	43
Figure 19 - Terre de Haut, dégâts dans une épicerie suite à la secousse du 14 février (source : M. Bellenus). ....	44
Figure 20 - Saintes, observation d'une traînée blanche en mer le 14 février. Carte de position (source : M. Bellenus).....	44
Figure 21 - Saintes, traînée blanche observée en mer le 14 février (source : M. Bellenus). ....	45
Figure 22 - Terre de Haut, observation d'un retrait de la mer sur la plage de Figuiet le 14 février (source : Dr Bros).....	46
Figure 23 - PGA observés le 14 février et courbes d'atténuation au rocher. ....	47
Figure 24 - Modélisation du PGA avec le modèle Sadigh <i>et al.</i> (1997), tenant compte des effets de site.....	48
Figure 25 - Chronogramme de l'activité sismique entre le 21 novembre 2004 et le 30 avril 2005 (source : communiqué public de l'OVSG, avril 2005). ....	51
Figure 26 - Chronogramme de l'activité sismique vue par la station accélérométrique GJYA de Saint-Claude. ....	52
Figure 27 - Pics d'accélération PGA observés sur la station accélérométrique GJYA de Saint-Claude. ....	53
Figure 28 - Carte des répliques de magnitude supérieure à 4.0 (sources : Bertil <i>et al.</i> , 2005 ; fond de carte N. Feuillet, 2000).....	55
Figure 29 - Chronogramme des répliques de magnitude supérieure à 4.0 (source : Bertil <i>et al.</i> , 2005). ....	56
Figure 30 - Profondeur des séismes de magnitude supérieure à 4.0, coupe transversale (source : Bertil <i>et al.</i> , 2005). ....	57
Figure 31 - Chronogramme des valeurs de pic PGA des stations des Saintes. ....	59
Figure 32 - Mouvements de terrains d'octobre et novembre 2004 expertisés par le BRGM.....	60
Figure 33 - Saintes, carte des mouvements de terrain observés en hélicoptère le 15 février. ....	66
Figure 34 - Terre de Bas, effondrements sur les falaises entre Pointe à Vache et Pointe du Gouvernail.....	66
Figure 35 - Terre de Bas, effondrements sur les falaises à l'ouest de l'île. ....	67

Figure 36 - Terre de Bas, falaise entre Gros Cap et Pointe Sud.....	67
Figure 37 - Saintes, Ilet La Coche, effondrements sur la pointe sud de l'îlet.....	68
Figure 38 - Saintes, les Augustins, chutes de blocs sur la partie sud-est.....	68
Figure 39 - Terre de Haut, le Chameau, chutes de blocs constatées sur le versant nord.....	69
Figure 40 - Terre de Haut, le Chameau, grande traînée sur le versant sud laissée par des chutes de blocs.....	69
Figure 41 - Saintes, détail du versant nord du Chameau.....	70
Figure 42 - Saintes, Passe du Pain de Sucre.....	70
Figure 43 - Principaux séismes 21-30 novembre 2004 (source : OVSG-IPGP).....	87
Figure 44 - Principaux séismes de décembre 2004 (source : OVSG-IPGP).....	87
Figure 45 - Principaux séismes de janvier 2005 (source : OVSG-IPGP).....	88
Figure 46 - Principaux séismes de février 2005 (source : OVSG-IPGP).....	88
Figure 47 - Principaux séismes de mars 2005 (source : OVSG-IPGP).....	89
Figure 48 - Terre de Haut, dommages sur l'école communale du bourg.....	127
Figure 49 - Terre de Haut, dommages dans les salles de classe de l'école.....	128
Figure 50 - Terre de Haut, exemple de dommages sur des maisons du Bourg.....	128
Figure 51 - Terre de Haut, dommages graves sur des maisons au-dessus du Pain de Sucre.....	129
Figure 52 - Terre de Haut, dommages graves sur des maisons au-dessus du Pain de Sucre.....	129
Figure 53 - Terre de Bas, carte de position de la zone la plus touchée.....	130
Figure 54 - Terre de Bas, fissures sur une maison à proximité du débarcadère.....	131
Figure 55 - Terre de Bas, fissures au collège de Petites Anses.....	131
Figure 56 - Terre de Bas, dommages sur la structure à l'école maternelle.....	132
Figure 57 - Terre de Bas, dommages sur le clocher et le fronton de l'église.....	132
Figure 58 - Terre de Bas, dommages sur la partie latérale de l'église.....	133
Figure 59 - Terre de Bas, effondrement d'un mur du foyer du 3 <sup>e</sup> âge.....	133
Figure 60 - Terre de Bas, dommages sur l'hôtel de Petites-Anses.....	134
Figure 61 - Terre de Bas, dommages sur la mairie.....	134
Figure 62 - Terre de Bas, dommages à plusieurs maisons individuelles.....	135
Figure 63 - Terre de Bas, deux maisons individuelles à proximité de la zone la plus affectée et qui n'ont subi aucun dégât apparent extérieurement.....	136
Figure 64 - Grand Bourg, fissure légère sur la structure de l'école du bourg (à gauche) et sur un poteau d'un bâtiment du lycée (à droite).....	137
Figure 65 - Grand Bourg, éclatement du béton et fissure légère sur la structure de la mairie.....	137

Figure 66 - Grand Bourg, fissures légères sur les structures de deux maisons d'habitation.....	138
Figure 67 - Grand Bourg, exemple de dommages aux poteaux du bâtiment principal de l'ancien hôpital de Marie-Galante. ....	138
Figure 68 - Saint-Louis, fissures sur les poteaux de la cour de l'école maternelle. ....	139
Figure 69 - Saint-Louis, fissures sur les poteaux du marché couvert. ....	140
Figure 70 - Saint-Louis, fissures larges dans le bâtiment de la mairie.....	141
Figure 71 - Trois Rivières, exemple de dommage à la mairie.....	142
Figure 72 - Trois Rivières, maison très vulnérable n'ayant subi aucun dommage. Lieu dit « Soldat ». ....	142
Figure 73 - Trois Rivières, lieu dit La Plaine. Vue de la maison la plus touchée dans le quartier. ....	143
Figure 74 - Trois Rivières, lieu dit La Plaine. a) Dommages graves sur une maison individuelle. b) Désolidarisation d'un mur. ....	143
Figure 75 - Gourbeyre, dommages sur le clocher de l'église.....	145
Figure 76 - Gourbeyre, fissures en croix sur une cloison d'une maison de Dolé.....	145
Figure 77 - Saint-Claude, fissures sur le clocher de l'église et dans les locaux de la police municipale face à l'église.....	146
Figure 78 - Saint-Claude, maison en moellon au centre bourg. Chute de moellon sur le lit...	147
Figure 79 - Saint-Claude, maison individuelle sur pilotis au centre bourg. Fissures généralisées dans toute la maison. ....	147
Figure 80 - Saint-Claude, école de Matouba : fissures en croix à l'entrée, sur le pourtour des cloisons à l'intérieur.....	148
Figure 81 - Saint-Claude, école mixte du bourg : chute des pots de fleurs et fissures.....	148
Figure 82 - Saint-Claude, église de Matouba : fissures sur les poteaux courts soutenant la dalle en béton du toit. ....	149
Figure 83 - Vieux Habitants, exemple de fissures constatées à l'école. ....	150
Figure 84 - Bouillante, exemple de dégâts légers sur des écoles.....	151
Figure 85 - Bouillante, fissure large sur une maison du lieu-dit Courbaril, liée plus probablement à un mouvement de terrain. ....	152
Figure 86 - Sainte-Rose, dommages légers sur un bâtiment rajouté de la mairie. L'extension à été réalisée en 1972. ....	153
Figure 87 - Sainte-Rose, dommages sur la seule maison d'habitation qui nous a été identifiée comme ayant subi des dommages dus au séisme sur l'ensemble de la commune.....	153
Figure 88 - Capesterre, dommages structuraux légers sur l'école de Bananier.....	154
Figure 89 - Capesterre, dommages structuraux légers sur l'école de Bananier.....	155
Figure 90 - Capesterre, fissures « symétriques » sur l'église du bourg. ....	155
Figure 91 - Capesterre, mairie : éclatement du béton sur un poteau du 1 <sup>er</sup> étage et fissuration à la liaison poteau-remplissage. ....	156

Figure 92 - Marché couvert : dommages en tête de poteau.....	156
Figure 93 - École de Sainte-Marie : le poteau endommagé montré sur la photo de gauche est le poteau d'angle de la photo de droite.....	157
Figure 94 - Seul dommage qui nous a été montré sur la commune de Goyave.....	158
Figure 95 - Glissement de terrain consécutif aux pluies et au séisme et menaçant une route d'accès à des habitations isolées.....	158
Figure 96 - Glissement de terrain dans le jardin d'une habitation et qui a emporté le barbecue.....	159
Figure 97 - École mixte II : fissure sur un mur non porteur. Sur toutes les coupes, seules 3-4 ont été renversées par le séisme.....	159
Figure 98 - École mixte II : fissure dans la cage d'escalier.....	160
Figure 99 - École mixte II : fissure dans l'encadrement d'une porte de classe.....	160
Figure 100 - École mixte II : fissure dans la structure non porteuse au niveau de la bibliothèque au premier étage.....	160
Figure 101 - Église : fissures dans la structure porteuse.....	161
Figure 102 - Mairie : fissures légères dans la structure non porteuse. Salle de reprographie.....	161
Figure 103 - Centre ville : dommage à une maison individuelle ancienne (gauche) et à l'école Fengarol.....	162
Figure 104 - Cité Henri IV : jeu du joint de dilatation.....	162
Figure 105 - Cité Henri IV : fissures sur les structures porteuses.....	163
Figure 106 - RD 213 : fissurations de la route.....	173
Figure 107 - RD 213 : éboulements sur la route.....	173
Figure 108 - Terre de Haut : carte de localisation des dégâts observés.....	176
Figure 109 - RD 214 : partie orientale de l'éboulement de la route du Chameau.....	176
Figure 110 - RD 214 : partie occidentale de l'éboulement de la route du Chameau.....	177
Figure 111 - RD 214 : chutes de blocs sur la route du Fort Napoléon.....	177
Figure 112 - Carte de localisation des dégâts observés sur les routes communales de Terre de Haut.....	180
Figure 113 - Photo 1 : affaissement du talus aval par rapport à la chaussée.....	181
Figure 114 - Photo 2 : fentes d'extension dans le bas coté (talus aval).....	182
Figure 115 - Photo 3 : glissements de terrain et éboulements sur la route de Grande Anse....	182
Figure 116 - Photo 4 : éboulements depuis le Morne La Savane.....	183
Figure 117 - RD 6 : éboulement du 9 décembre 2004 au niveau de la Pointe Turlet.....	185
Figure 118 - RD 11 : localisation de la zone affectée par les mouvements de terrain.....	190
Figure 119 - RD11 : localisation des mouvements de terrain.....	190

Figure 120 - RD11 : glissement 1 vu de la route en contrebas. On observe également sur la gauche la coulée qui part du piton Tarade et atteint la route au-dessus du lacet.....	191
Figure 121 - RD11 : glissement 1, flanc SW du piton Tarade, vue amont.....	191
Figure 122 - RD11 : glissement 1, vue aval depuis la route supérieure. La coulée s'est propagée jusqu'au lacet en contrebas.....	192
Figure 123 - RD11 : dépôts de la coulée liée au glissement 1 dans le lacet inférieur.....	192
Figure 124 - RD11 : glissement 2, flanc sud-est du piton Tarade.....	193
Figure 125 - RD11 : glissement 2, dépôts sur la chaussée, plan de rupture et barrière de sécurité de la route.....	194
Figure 126 - RD11 : dépôts du glissement 2 sur la chaussée.....	194
Figure 127 - RD11 : glissement 3.....	195
Figure 128 - RD11 en aval du glissement 3 : talus aval de la chaussée effondré.....	195
Figure 129 - RD11 en aval du glissement 3 : fissure de traction entre la chaussée et le talus.....	196
Figure 130 - Carte de localisation des désordres observés sur le massif de la Soufrière.....	199
Figure 131 - Soufrière site 4 : bloc éboulé et tombé sur la trace.....	200
Figure 132 - Soufrière site 5 : coulée 1, vue amont (photo de gauche) et vue aval (photo de droite).....	200
Figure 133 - Soufrière site 5 : coulée 2, vue vers le nord et vue en amont (en pointillés, la position du sentier avant la coulée).....	201
Figure 134 - Soufrière, site 5 : dégâts occasionnés par la coulée 2 sur le sentier « Chemin des Dames ».....	201
Figure 135 - Soufrière site 6 : glissement affectant le sentier.....	202
Figure 136 - Soufrière : glissement dans une ravine, ayant emporté le sentier.....	202
Figure 137 - Soufrière : coulée dans une ravine.....	203
Figure 138 - Soufrière site 9 : éboulement sur la route de la Citerne.....	204
Figure 139 - Soufrière site 10 : éboulement de scories.....	205
Figure 140 - Soufrière : carte de localisation des sites diagnostiqués.....	208
Figure 141 - Soufrière site 2 : bloc instable sur formation meuble déstructurée.....	208
Figure 142 - Soufrière site 2 : bloc instable sur formation meuble déstructurée.....	209
Figure 143 - Soufrière site 2 : niche d'arrachement de la coulée 1.....	209
Figure 144 - Soufrière site 3 : niche d'arrachement de la coulée 2.....	209
Figure 145 - Soufrière site 4 : bloc et sentier de l'Échelle en contrebas.....	209
Figure 146 - Soufrière site 3 : bloc instable dans formation meuble.....	209
Figure 147 - Soufrière site 4 : bloc fracturé du cratère sud.....	209
Figure 148 - Soufrière site 5 : bloc affaissé (plusieurs m <sup>3</sup> ).....	210
Figure 149 - Soufrière site 6 : piton Saussure crevassé.....	210

Figure 150 - Soufrière site 7 : blocs déchaussés sur le flanc sud. ....	210
Figure 151 - Soufrière site 6 : crevasse dans le Piton Saussure.....	210
Figure 152 - Soufrière site 7 : niches d'arrachement dans les cendres du flanc sud.....	210
Figure 153 - Chutes du Carbet : éboulement rocheux à proximité de la deuxième chute. ....	213
Figure 154 - Chutes du Carbet : cicatrice d'arrachement. Le front de la coulée de lave andésitique est structuré en colonnes.....	214
Figure 155 - Chutes du Carbet : blocs en instabilité 80 m au-dessus de la piscine naturelle et résurgence à l'interface entre les deux formations. ....	215
Figure 156 - Chutes du Carbet : bloc pluricentimétrique projeté sur l'autre rive (environ 80 m de la falaise) pendant l'éboulement.....	215
Figure 157 - Capesterre : maison en bordure de la falaise côtière effondrée. ....	219
Figure 158 - Capesterre : maison en bordure de la falaise côtière effondrée. ....	220
Figure 159 - Trou aux Chiens : vue de la maison de M. Hamousin - Clotaire et de la bordure de la falaise éboulée lors du séisme du 21/11/04.....	222
Figure 160 - Trou aux Chiens : vue de la maison et du terrain de M. Hamousin - Clotaire depuis l'autre côté de la ravine (Chemin Neuf). ....	223
Figure 161 - Trou aux Chiens : manguier qui menace de tomber et maison menacée par les éboulements de la falaise. ....	223
Figure 162 - RN1 : glissement vu depuis la chaussée. ....	226
Figure 163 - RN1 : glissement vu du dessus (propriété M. Romain).....	227
Figure 164 - Fond Laugier : localisation de la zone affectée par les éboulements. ....	230
Figure 165 - Fond Laugier : carte des aléas mouvements de terrain (Atlas communaux des Risques Naturels de la Guadeloupe – BRGM).....	231
Figure 166 - Fond Laugier : vue générale de l'éboulement du 20 novembre 2004.....	231
Figure 167 - Fond Laugier : maison endommagée.....	232
Figure 168 - Baie Mahault : localisation des désordres observés. ....	235
Figure 169 - Baie Mahault : affaissement de la terrasse de la maison de M. Henri et apparition des fondations. ....	235
Figure 170 - Baie Mahault : glissement au sommet de la butte derrière le monument aux Morts.....	236
Figure 171 - Calvaire Chapelle : localisation des désordres liés aux inondations de mai 2004 et réactivés en novembre 2004.....	238
Figure 172 - Calvaire Chapelle : glissements sur le talus amont de la chaussée. ....	238

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Liste des séismes de magnitude supérieure ou égale à 3.0 (source : catalogue de l'OVSG-IPGP).....	24
Tableau 2 - Valeurs des PGA pour le séisme du 21 novembre.....	38
Tableau 3 - Valeurs de PGA pour le séisme du 14 février.....	49
Tableau 4 - Localisations CDSA des répliques de magnitude $\geq$ à 4.0 (source : Bertil <i>et al.</i> , 2005).....	54
Tableau 5 - Nombre de données accélérométriques enregistrées et associées à une localisation de l'OVSG.....	58

## Liste des annexes

Annexe 1 - Cartes mensuelles de sismicité de l'OVSG.....	85
Annexe 2 - PGA et Spectres de réponse 21 novembre 2004.....	91
Annexe 3 - PGA et Spectres de réponse 14 février 2005.....	111
Annexe 4 - Visites de communes pour l'enquête macrosismique du BCSF.....	125
Annexe 5 - Pluviométrie mensuelle Météo-France.....	165
Annexe 6 - Mouvements de terrain.....	169



# 1. Introduction

Le séisme du 21 novembre 2004 aux Saintes se produit après plus d'un siècle sans séisme, provoquant des dégâts conséquents en Guadeloupe. Son impact sur la population est donc important, rappelant à ceux qui l'avaient oublié que le risque sismique est un risque naturel majeur aussi important sinon plus que le risque volcanique ou cyclonique. Plusieurs mois après ce séisme, des répliques continuent à se reproduire. Celle du 14 février, très forte, a montré qu'il ne s'agit pas d'un phénomène ponctuel qui est maintenant derrière nous, mais que même plusieurs mois après, il s'agit de rester vigilant. Il s'agit d'une première expérience de gestion de crise sismique importante aux Antilles françaises depuis plusieurs décennies.

En décembre 2004, le BRGM faisait un premier bilan de ses interventions de crise et une synthèse rapide des premières analyses de données dans le rapport RP-53539-FR.

Dans ce rapport, un bilan plus complet de la crise sismique des Saintes est effectué. Il tient compte des données complémentaires accumulées sur plusieurs mois et des autres résultats scientifiques qui ont été diffusés ou publiés depuis lors. Seront abordés dans ce bilan :

- le contexte sismotectonique connu avant la crise ;
- la localisation et les caractéristiques des séismes du 21 novembre 2004, du 14 février 2005 et des principales répliques entre novembre et mars 2005 ;
- l'évaluation des intensités macrosismiques du séisme du 21 novembre ;
- un descriptif des principaux dommages observés aux bâtiments et des mouvements de terrains expertisés par le BRGM ;
- une synthèse sur les données accélérométriques enregistrées, les premiers traitements effectués et ainsi que des comparaisons avec les modèles.

Ce bilan permettra de faire une analyse de retour d'expérience sur :

- l'information sismologique délivrée aux autorités sitôt après le séisme ;
- le fonctionnement des réseaux de stations accélérométriques et les enregistrements de données ; leur apport pour l'évaluation rapide des effets ressentis ;
- le déroulement des enquêtes macrosismiques et la caractérisation de la typologie de vulnérabilité du bâti qui en résulte ;
- l'apport possible du centre de données sismologiques des Antilles en période de crise ;
- les conséquences des mouvements de terrains.

Cette étude rentre dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 05RISG15.

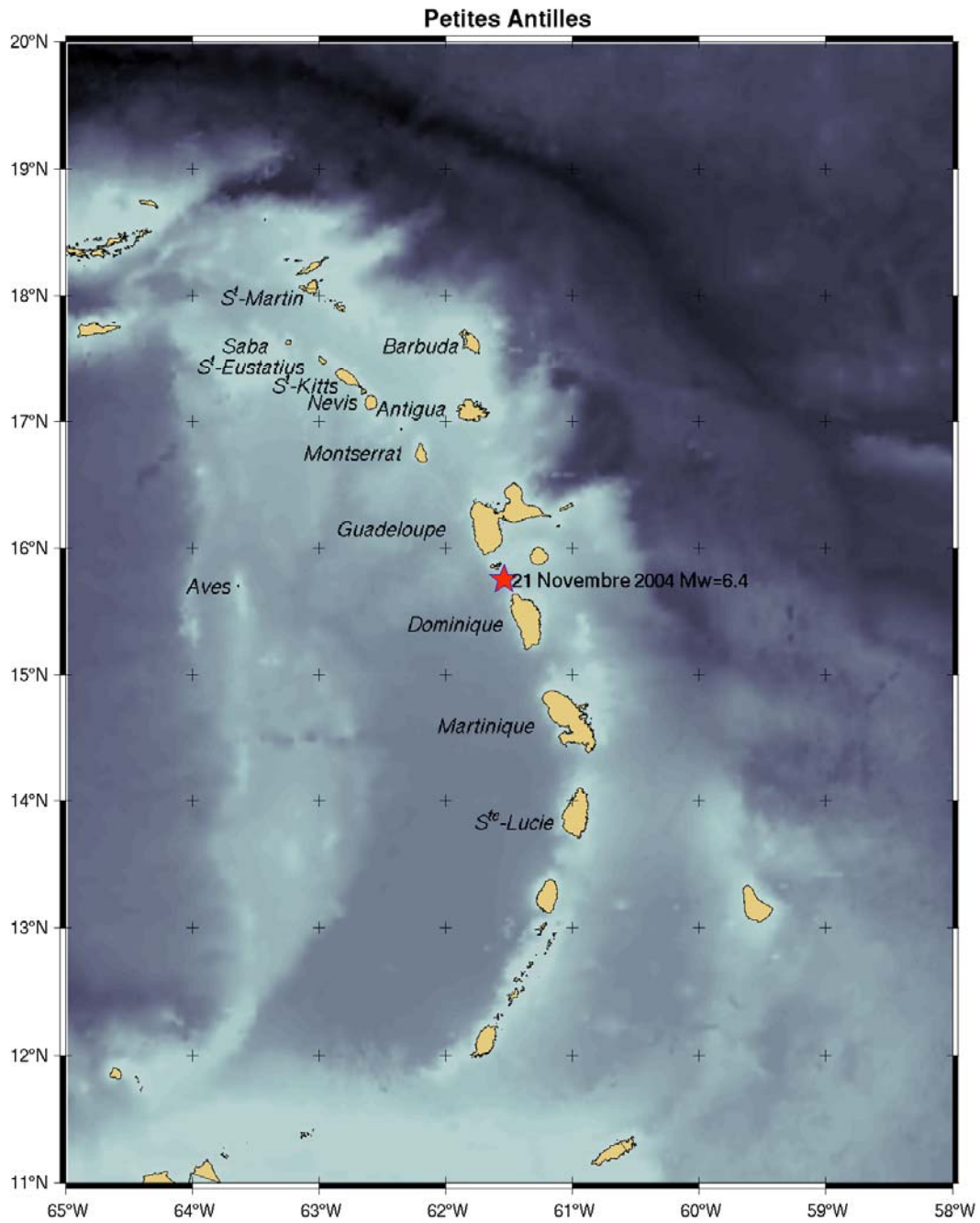


Figure 1 - Bathymétrie de l'arc des Petites Antilles et position du séisme des Saintes.

## 2. Contexte sismotectonique

### 2.1. PLAQUE CARAÏBE ET SUBDUCTION

L'arc des Petites Antilles est situé sur la bordure orientale de la plaque Caraïbe. Sur cette frontière de plaque, la plaque Amérique du Nord s'enfonce sous la plaque Caraïbe avec une vitesse moyenne de 2 cm/an environ (fig. 2). La subduction qui en résulte est le siège d'une sismicité importante, avec des séismes pouvant atteindre une magnitude 8, comme celui de février 1843 qui a fortement affecté la Guadeloupe.

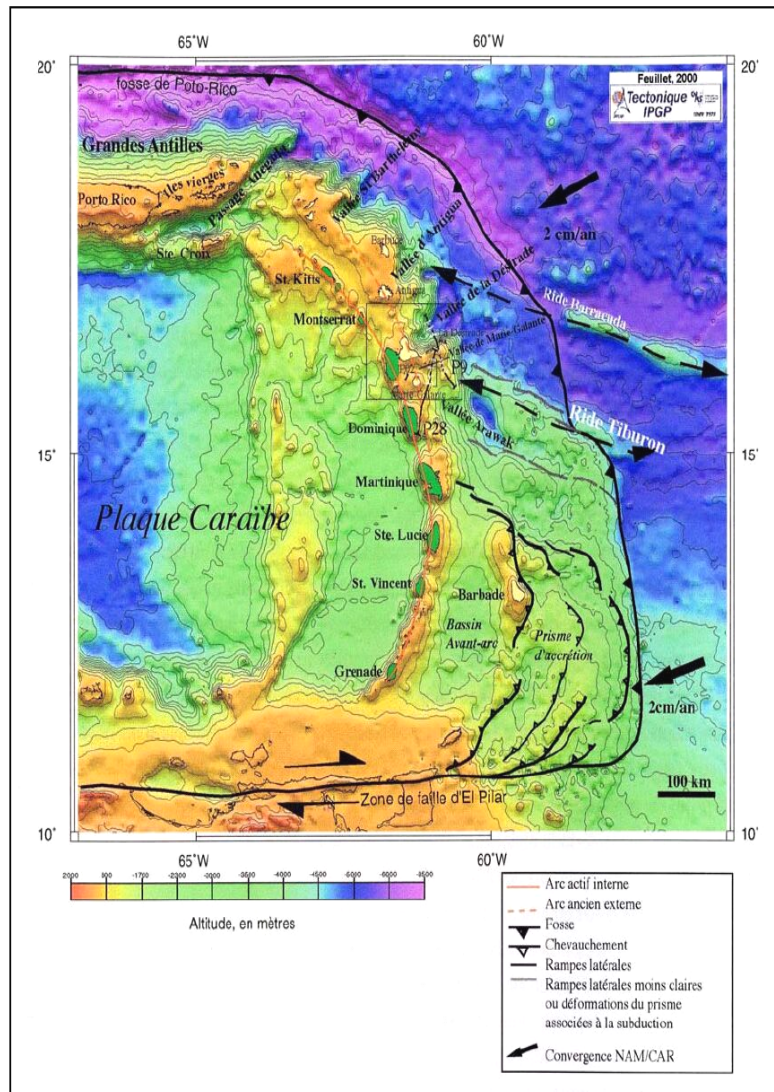


Figure 2 - Tectonique de l'Arc des Petites Antilles (source : N. Feuillet, 2000).

La plaque plongeante s'enfonce jusqu'à environ 200 km de profondeur. Sous la Guadeloupe, la plaque se situe à plus de 100 km sous l'archipel. De pente faible au niveau de l'interface entre les deux plaques, le plongement s'effectue suivant un pendage de plus de 55° en dessous de 50 km (fig. 3).

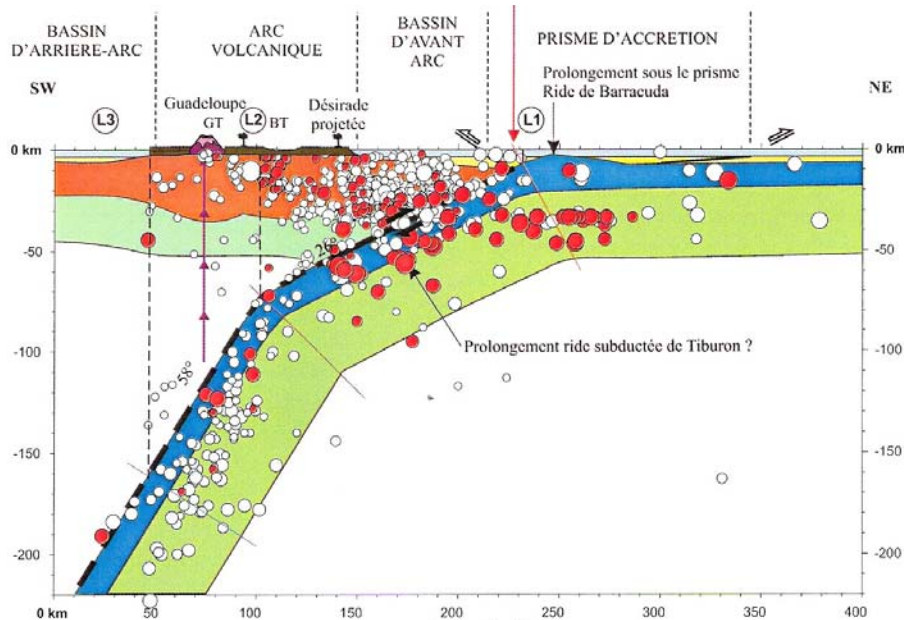


Figure 3 - Coupe de la subduction au niveau de la Guadeloupe (source : Geoter, 2002).

## 2.2. LES FAILLES SUPERFICIELLES INTRAPLAQUES

La plaque chevauchante Caraïbe se déforme en réponse à la subduction de la plaque plongeante. Il en résulte une sismicité superficielle intraplaque, avec des séismes de magnitude ne dépassant pas 6.5.

Les magnitudes sont moins fortes que pour les séismes de subduction. En contrepartie, les séismes sont plus rapprochés des zones à enjeux. Les dommages peuvent être aussi importants que pour des séismes de subduction, mais concentrés sur des secteurs plus restreints.

Il existe de nombreuses failles superficielles au niveau de la Guadeloupe, résultant d'une extension au sein de la plaque Caraïbe. Elles forment principalement deux familles (fig. 4 ; Feuillet, 2001) :

- des systèmes de graben perpendiculaires à l'arc : le graben de Marie-Galante en est une illustration ;
- des systèmes de failles en échelon le long de l'arc volcanique actif accommodant un mouvement latéral senestre, comme le système de Bouillante-Montserrat.

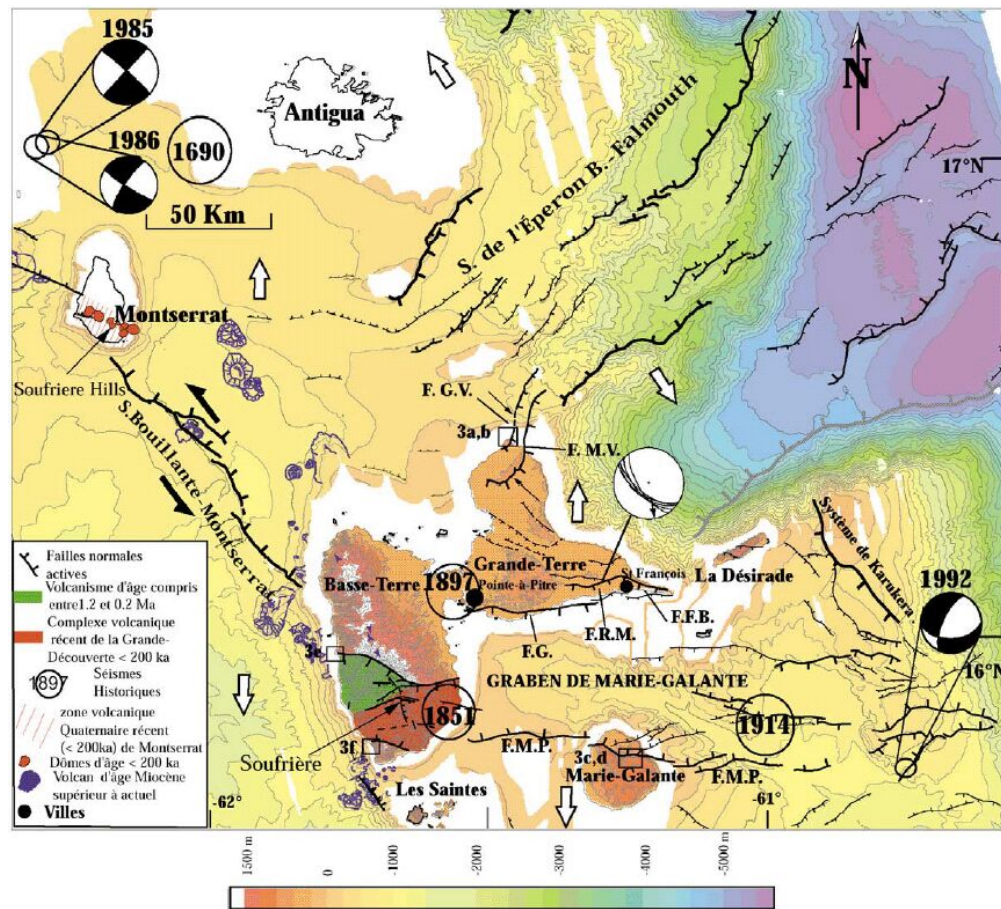


Figure 4 - Failles intraplaques autour de la Guadeloupe (source : N. Feuillet, 2001).

### 2.3. LE SYSTÈME DE FAILLES DES SAINTES

Entre les Saintes et le nord de la Dominique, un système de failles en graben a été mis en évidence grâce aux données de la campagne AGUADOMAR (Feuillet, 2000). Ce système, large d'une quinzaine de kilomètres entre les failles de Roseau au sud-ouest et de Marigot au nord-est, s'étire selon une direction générale N135°. Les failles de Roseau et de Marigot ont un pendage vers le nord-est. Sur la partie est, les failles du Souffleur, Rodrigues, Redonde ont plutôt un pendage vers le sud-ouest. Les angles de pendage ne sont pas connus avec précision (fig. 5, 6).

Les zones peu profondes, autour des Saintes et du plateau insulaire de la Dominique, n'ont pas pu être étudiées lors de la campagne AGUADOMAR (zones en blanc sur la figure 5), par conséquent le tracé exact du système de faille n'y est pas connu.

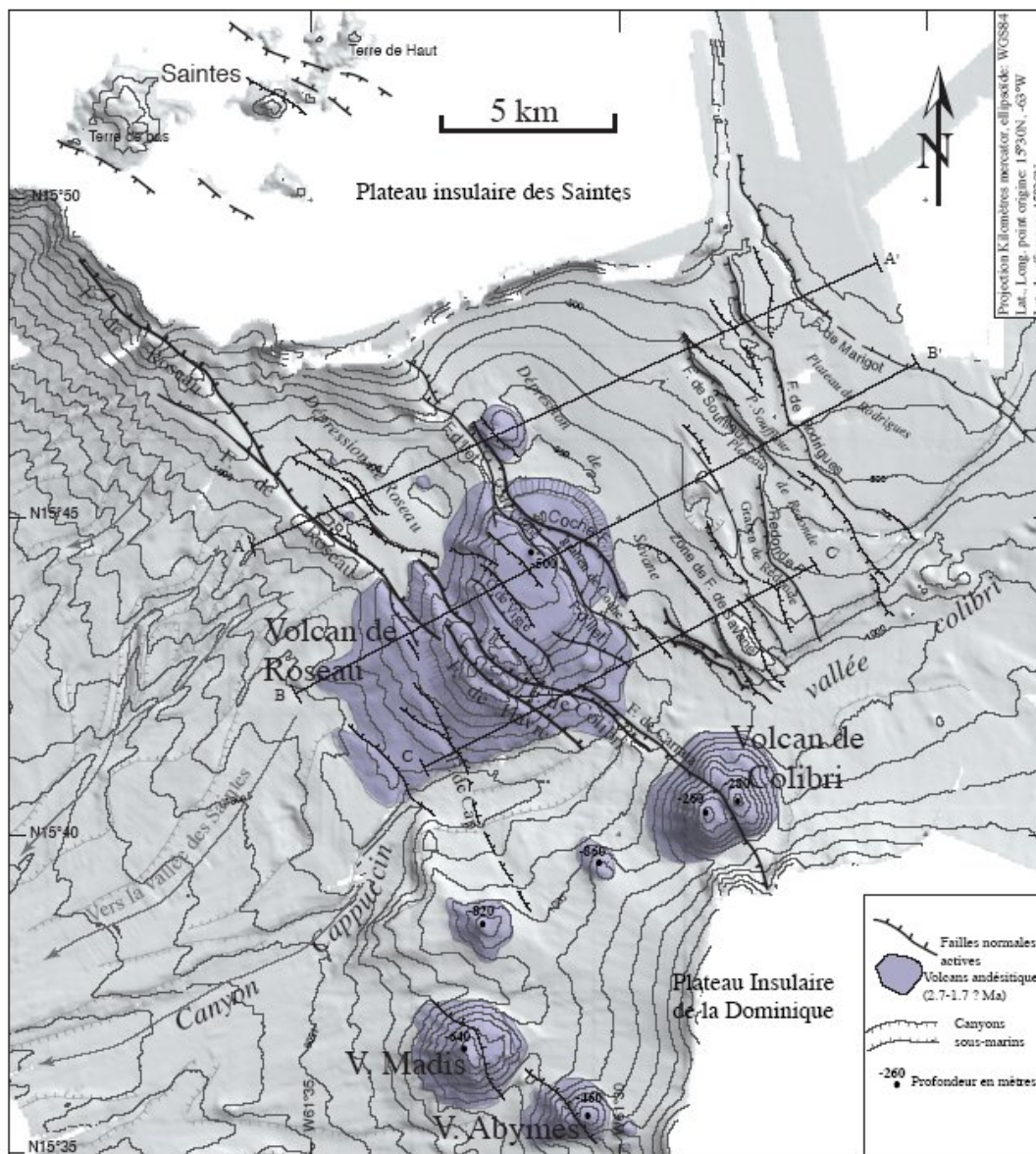


Figure 5 - Le système de failles des Saintes (source : N. Feuillet, 2000).

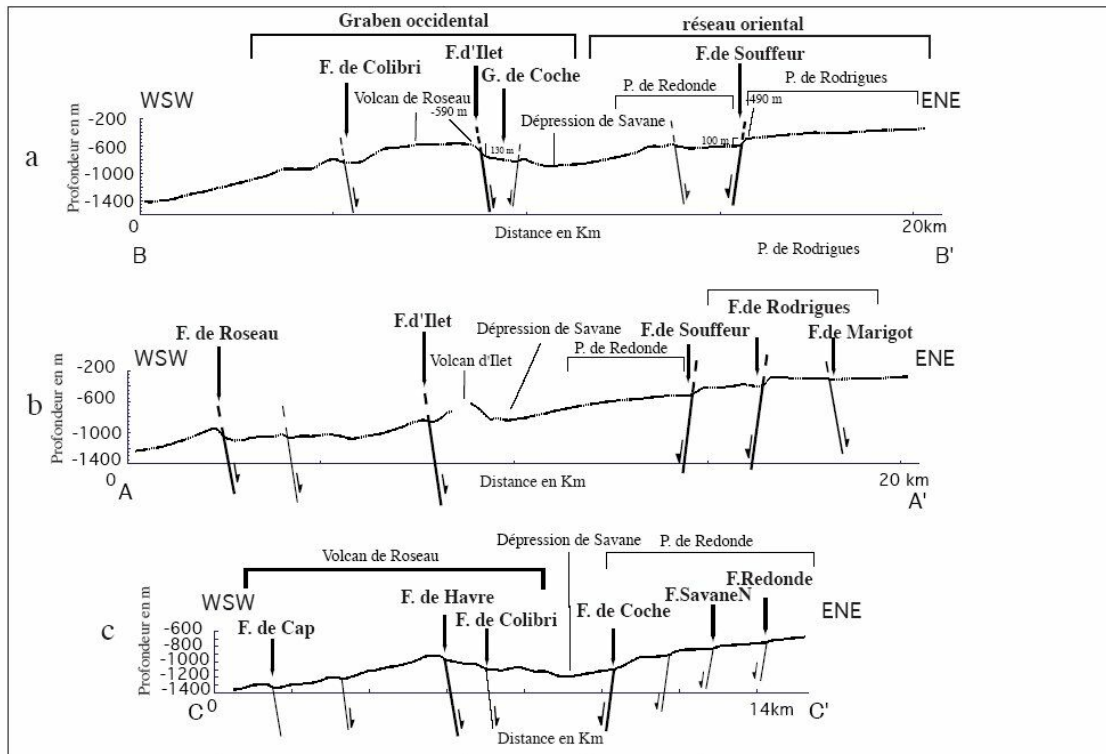


Figure 6 - Coupes du système de faille des Saintes (source : N. Feuillet, 2000).

## 2.4. SISMICITÉ HISTORIQUE

La figure 7 montre les principaux événements sismiques connus fortement ressentis ou ayant fait des dégâts en Martinique et Guadeloupe.

Le séisme de 1843, entre Antigua et la Guadeloupe, a une magnitude estimée à 8,0. C'est un séisme de subduction. Il est le plus destructeur ayant affecté la Guadeloupe, ressenti avec une intensité IX sur l'ensemble de la Grande Terre, détruisant la ville de Pointe-à-Pitre entièrement avec 1 500 à 3 000 victimes selon les sources bibliographiques.

Celui de 1914 (magnitude 7.4 à l'est de Marie-Galante) était aussi sur le plan de subduction, mais situé à une profondeur d'environ 100 km, il a fait peu de dégâts en Guadeloupe. Le séisme de janvier 2001, dernier largement ressenti en Guadeloupe avant celui des Saintes, provient de la même région.

Les séismes (de 1851 au large de Capesterre, de 1897 au sud de Pointe-à-Pitre et de 1985 au nord de Montserrat) sont des séismes intraplaques superficiels. Ils ont lieu au niveau du graben de Marie-Galante. Pour celui de 1897, l'intensité VIII avait été atteinte à Pointe-à-Pitre. Il s'agit du dernier séisme véritablement destructeur en Guadeloupe jusqu'à celui du 21 novembre 2004.

Le séisme du 16 mars 1985 a produit une intensité VI et des dommages légers à Pointe-à-Pitre (Bernard et Lambert, 1986). Il se produit sur le système de faille en décrochement qui longe l'arc volcanique. Il a une magnitude  $M_w = 6.4$  ( $m_b = 6.0$  sur la figure) de même ordre de grandeur que le séisme du 21 novembre.

Il n'y a aucun séisme destructeur connu avec un épicerentre situé dans cette région des Saintes.

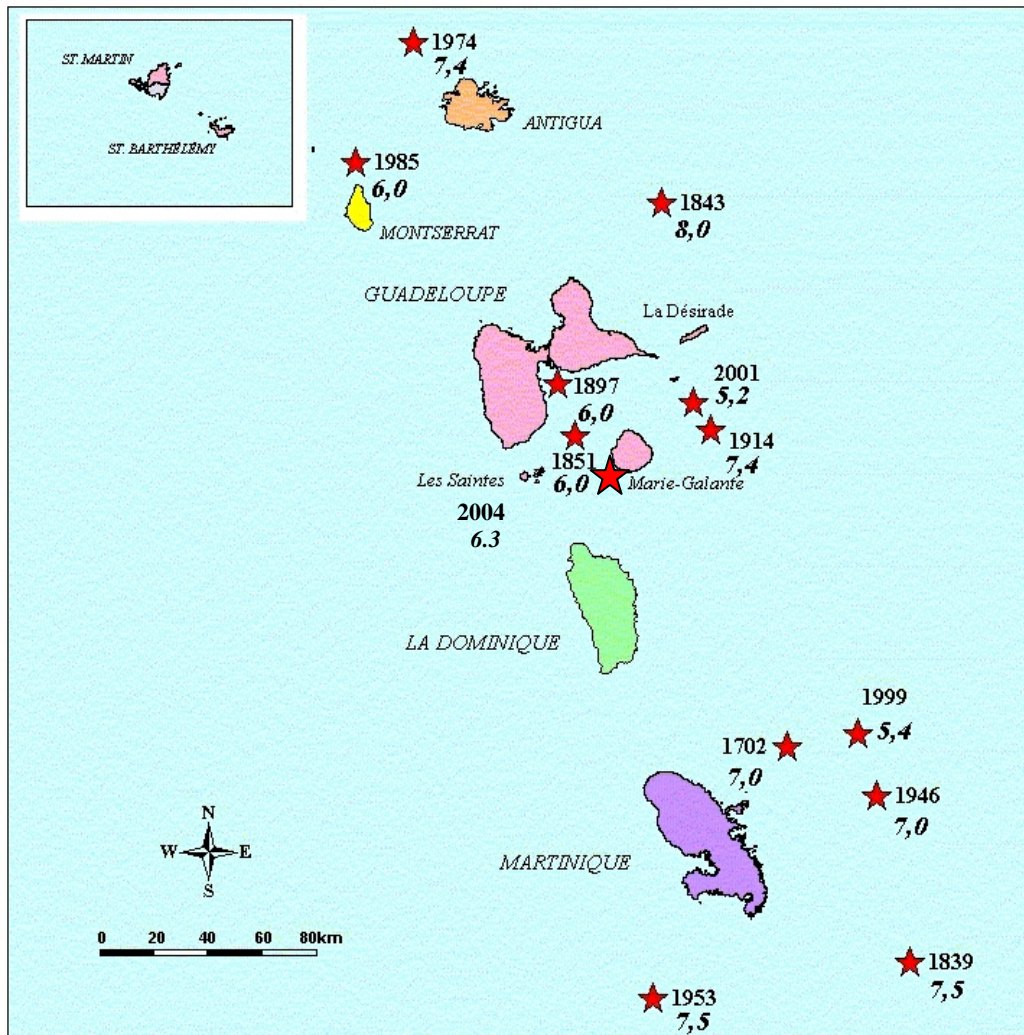


Figure 7 - Principaux séismes destructeurs de Guadeloupe et Martinique (source : BRGM, SisFrance).

## 2.5. SISMICITÉ INSTRUMENTALE

Le réseau de surveillance de l'OVSG possède une station au nord de la Dominique (BBL), une à Marie-Galante (MGG) et un réseau assez dense au sud de la Basse Terre pour la surveillance de la Soufrière. Les distances épicercentrales pour ces stations



vont de 20 à 35 km environ. À partir du catalogue de sismicité de l'OVSG 1981-2000, on peut estimer que l'Observatoire capte tous les séismes de magnitude supérieure à 2.0 dans ce secteur depuis 25 ans.

La sismicité instrumentale des Saintes avant novembre 2004 est peu abondante, mais pas inexistante, comme le montrent la figure 8 et le tableau 1 tirés de l'étude menée par le CDSA (Bertil *et al.*, 2004), à partir du catalogue de sismicité de l'OVSG.

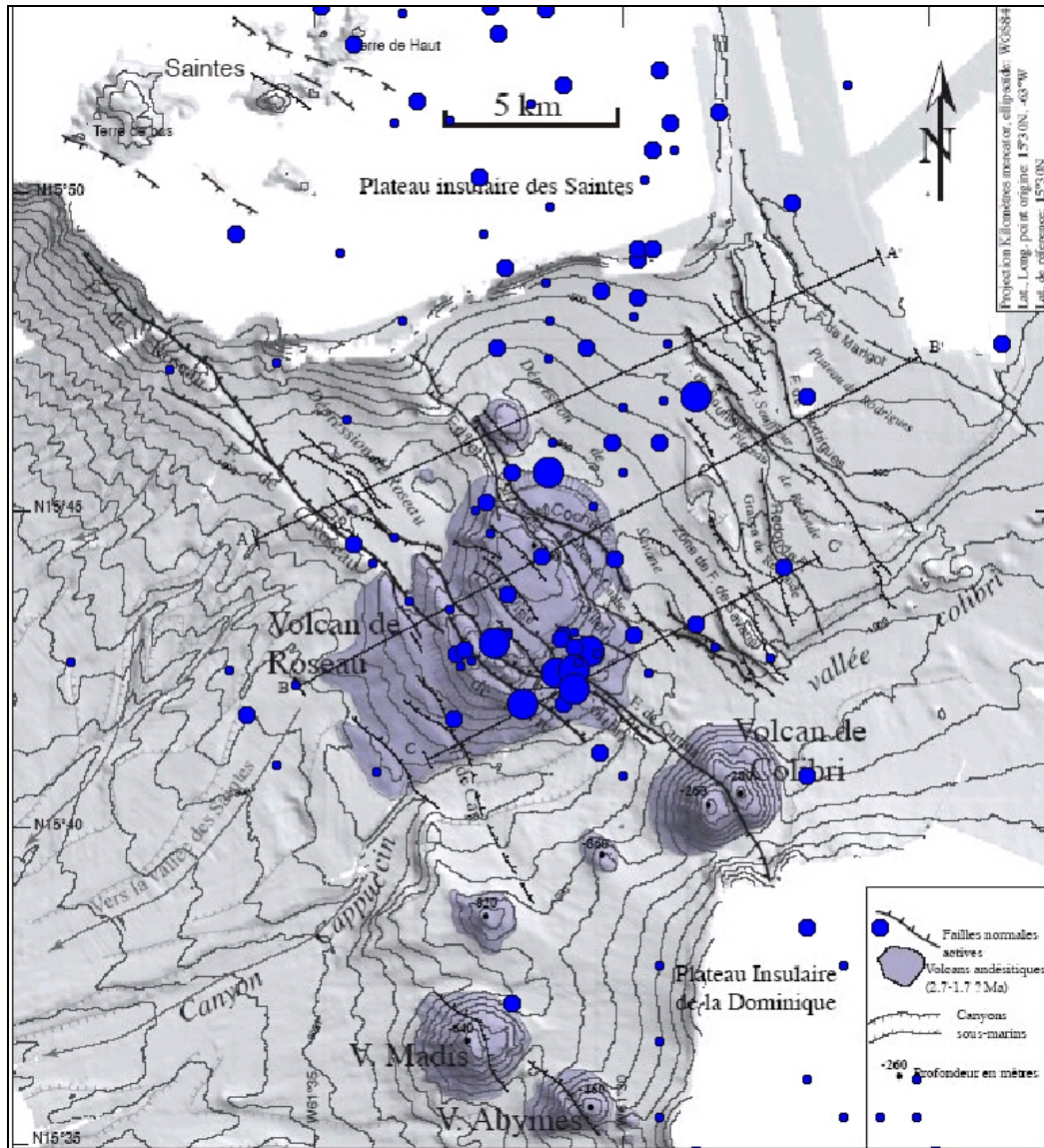


Figure 8 - Sismicité instrumentale des Saintes, 1981-2004  
(sources : Bertil *et al.*, 2004 et fond de carte N. Feuillet, 2000).

De 1981 à octobre 2004, on recense neuf séismes de magnitude supérieure ou égale à 3.0 (cf. tabl. 1). Entre le 8 et le 12 mars 1985, un petit essaim de séismes se produit au niveau de l'ancien volcan sous-marin de Roseau avec une magnitude maximale de

3.8 qui était le plus fort séisme connu jusqu'à présent dans cette zone. Il faut ensuite attendre janvier 2002 pour retrouver un séisme de magnitude 3.4 dans le même secteur que la crise de 1985.

En 2004, on n'observe pas de sismicité anormale précédant la crise de novembre. On a un séisme de magnitude 3.0 le 2 août.

Le séisme du 21 novembre à 11 h 41 est précédé moins de 2 minutes avant d'un précurseur de magnitude 3.1.

<b>année</b>	<b>heure</b>	<b>minute</b>	<b>Sec</b>	<b>Lat.</b>	<b>long.</b>	<b>Prof</b>	<b>Md</b>
19820630	22	34	8.22	15.887	-61.551	11.3	3.0
19850308	16	36	22.38	15.699	-61.527	12.5	3.3
19850308	17	25	56.56	15.713	-61.509	19.0	3.8
19850310	2	50	21.27	15.707	-61.518	15.0	3.1
19850310	4	40	51.84	15.708	-61.513	15.3	3.0
19850312	9	17	39.47	15.703	-61.513	18.0	3.0
20020201	14	24	28.98	15.715	-61.535	14.1	3.4
20031214	0	32	0	15.920	-61.420	25.0	3.3
20040802	5	18	0	15.760	-61.520	14.7	3.0
20041121	11	39	35.2	15.780	-61.480	9.8	3.1

*Tableau 1 - Liste des séismes de magnitude supérieure ou égale à 3.0 (source : catalogue de l'OVSG-IPGP).*

### 3. Le séisme du 21 novembre 2004

Ce séisme se produit un dimanche matin à 7 h 41 mn en heure locale. La météo est mauvaise et de fortes pluies se sont abattues sur la Guadeloupe depuis plusieurs jours, entraînant des inondations en de nombreux points.

Une forte proportion de la population est donc chez elle au moment de la secousse. Ceci a très certainement évité des mouvements de paniques sur les lieux de travail et dans les établissements scolaires. Des sites habituellement très fréquentés (route RD6 entre la Marina de Rivière Sens et Vieux Fort, volcan de la Soufrière, chutes du Carbet...) sont pratiquement déserts à ce moment-là. Les mouvements de terrains qui s'y sont produits auraient pu faire de nombreuses victimes.

Le bilan humain reste heureusement très modéré avec une seule victime à déplorer à La Plaine – Trois-Rivières et quelques blessés, ce qui est exceptionnel pour un séisme de cette ampleur et la population exposée.

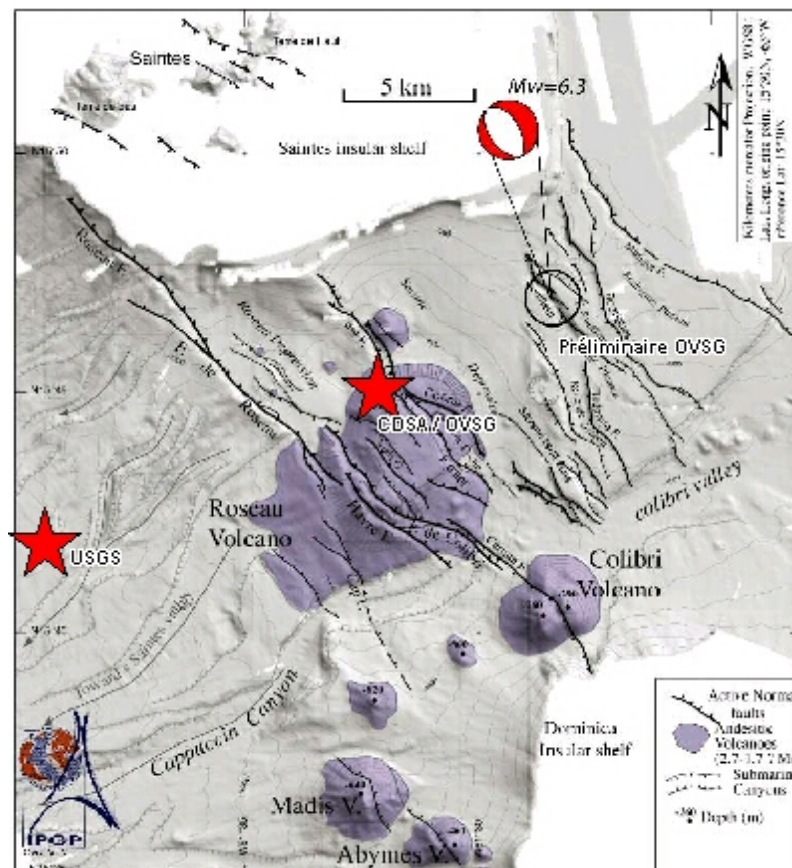



Figure 9 - Localisations USGS, OVSG et CDSA (sources : Bertil et al., 2004 ; fond de carte N. Feuillet, 2000).

### 3.1. LOCALISATION, MAGNITUDE ET MÉCANISME AU FOYER

<b>Heure Origine</b>	11: 41: 08.02 GMT
<b>Position CDSA</b>	Latitude 15° 45.03' N Longitude 61° 32.34' W Profondeur 14 km
<b>Magnitude</b>	Mw=6.3
<b>Distance épacentrale</b>	Terre de Haut 13 km Terre de Bas 15 km Grand Bourg Marie-Galante 27 km Basse Terre 33 km Pointe-à-Pitre 53 km Saint-François 62 km Sainte-Rose 66 km Anse Bertrand 81 km
<b>Mécanisme au Foyer</b>	 Strike = 325 ; dip = 44 ; slip = -77 Strike = 127 ; dip = 48 ; slip = -102
<b>Longueur de faille</b>	13 km

#### 3.1.1. Localisation

Le Centre de Données Sismologiques des Antilles (CDSA) rassemble les données sismologiques existantes en Guadeloupe et Martinique. Mis en place dans le cadre d'un projet commun au BRGM et à l'IPGP, il n'est pas encore opérationnel, mais dispose des moyens nécessaires de traitement. Aussi, le CDSA a-t-il pu fournir ses propres localisations qu'on peut comparer avec la localisation préliminaire de l'OVSG et celle de l'USGS (fig. 9).

Cet exemple illustre bien un problème majeur pour les réseaux de surveillance sismique aux Petites Antilles qui est l'alignement des stations le long de l'arc. En conséquence, si les localisations données par l'USGS et l'OVSG sont bien contraintes le long de l'axe des îles de Basse-Terre et de la Dominique, elles diffèrent d'environ 15 km perpendiculairement à cet axe. La localisation OVSG est plus précise que celle de l'USGS, car elle utilise des stations proches du sud de Basse Terre et du nord de la Dominique. Par contre, la station OVSG de Marie-Galante est en panne ce jour là, ce qui a pour effet d'augmenter la marge d'erreur selon une direction NE-SO.

La localisation effectuée par le CDSA affine la localisation préliminaire de l'OVSG (Bertil *et al.*, 2004). Utilisant les données de 39 stations entre 26 et 149 km de distance provenant des réseaux de OVSG et OVMP de l'IPGP, des réseaux accélérométriques de Guadeloupe et Martinique du RAP et du BRGM, la précision de localisation est de l'ordre du kilomètre.

Selon la référence CDSA, l'épicentre se situe à l'aplomb de l'ancien volcan sous-marin de Roseau (fig. 9) à 14 km de profondeur, à une distance à peu près identique des îles de Terre de Haut et Terre de Bas (13-15 km), à 27 km de Grand Bourg de Marie-Galante et de la pointe sud de la Basse Terre.

### **3.1.2. Magnitude**

Les magnitudes calculées localement sont des magnitudes de durée. Dès les premières minutes, la secousse principale est suivie d'une multitude de répliques rendant très imprécise la mesure de durée sur les sismogrammes. La magnitude la plus fiable sera la magnitude de moment  $M_w$  donnée par les organismes internationaux. L'USGS donne une magnitude  $M_w = 6.4$ . La relation empirique de Wells et Coppersmith (1994) reliant la magnitude à la longueur de la faille qui a joué permet d'estimer cette longueur de faille à environ 13 km.

### **3.1.3. Mécanisme au foyer**

Les mécanismes au foyer, donnés par l'USGS, le réseau Geoscope de l'IPGP et le catalogue CMT Harvard, sont peu différents les uns des autres. Nous donnons ici le mécanisme du catalogue CMT Harvard. Il indique une faille normale selon une direction  $N135^\circ$  compatible avec la direction moyenne des failles du système des saintes. Selon le plan nodal choisi, le pendage de la faille est, soit vers le nord-est, soit vers le sud-ouest.

Il n'y a aucun doute possible sur l'origine intraplaque du séisme du 21 novembre. Il réactive un système de failles sous-marines en graben qui n'a été identifié que depuis quelques années grâce aux données de la campagne AGUADOMAR. Il s'agit du plus gros séisme intraplaque connu dans cette région, avec celui du 16 mars 1985 au nord de Montserrat. Il diffère cependant du séisme de 1985 qui avait un mécanisme au foyer de type décrochant.

## **3.2. INTENSITÉ MACROSISMIQUE**

### **3.2.1. Enquête macrosismique BCSF-CDSA-BRGM**

Le Bureau Central Sismologique Français (BCSF) est l'organisme chargé de faire les enquêtes macrosismiques permettant d'évaluer l'intensité ressentie dans chaque commune. En cas de dommages, un rapport est établi à la demande des autorités de la Sécurité Civile pour l'instruction des dossiers de demande de classement des communes en état de Catastrophe Naturelle.

Aux Antilles françaises, il n'y avait pas jusqu'à maintenant de procédure d'enquête macrosismique. Dans le cadre du projet de mise en place du CDSA, une étude était en cours pour mettre au point cette procédure et des formulaires d'enquêtes adaptées aux Antilles, en concertation avec le BCSF (Bertil *et al.*, 2004).

À la suite du séisme du 21 novembre, le BCSF a été mandaté pour évaluer les intensités macrosismiques et fournir un rapport aux autorités pour le 4 décembre 2004.

Cette enquête macrosismique s'est donc effectuée naturellement avec le CDSA et un appui logistique du BRGM. Les formulaires d'enquêtes mis au point par le CDSA et reproduits en annexe ont été utilisés.

La mission du BCSF en Guadeloupe, du 24 novembre au 1<sup>er</sup> décembre, était composée de Christophe Sira, responsable chargé des enquêtes macrosismiques, et de Michel Cara, directeur du BCSF. Pour les visites des communes les plus touchées, ils ont été accompagnés de Didier Bertil (CDSA/BRGM), Benoît Le Brun (BRGM) et Mendy Bengoubou (étudiante en thèse de l'université Antilles-Guyane), permettant ainsi de composer deux équipes distinctes. Un compte rendu des visites et des dommages constatés est reproduit en annexe.

Le 23 novembre, les formulaires d'enquêtes collectifs ont été mis à la disposition de la cellule de crise de la préfecture pour être diffusés aux mairies, gendarmeries et centres de secours de toutes les communes de Guadeloupe. La préfecture a pu faciliter la mission en prévenant les communes de notre visite et en mettant à notre disposition l'hélicoptère de la sécurité civile pour les déplacements sur les Saintes et sur Marie-Galante. Nous avons pu bénéficier aussi de toutes les informations centralisées à la cellule de crise.

Dès la première semaine de décembre, une évaluation préliminaire des intensités a été diffusée par le BCSF. Elle est reproduite sur la figure 10.

Un rapport plus complet et une réévaluation des intensités sont publiés par le BCSF en mai 2005 tenant compte à la fois des informations collectées au cours de la mission, des formulaires d'enquêtes collectifs, de formulaires individuels, des informations de la mission AFPS et de divers témoignages.

### **3.2.2. Intensités en Guadeloupe**

Elles sont évaluées à partir de l'échelle macrosismique européenne EMS98. Les intensités déterminées par le BCSF en décembre 2004 sont représentées sur la figure 10.

L'intensité VIII a été observée aux Saintes, à Terre de Haut et à Terre de Bas, ce qui en fait la plus forte intensité atteinte en Guadeloupe depuis le séisme de 1897 à Pointe-à-Pitre. À Marie-Galante et au sud de la Basse Terre, l'intensité est estimée à VI-VII. L'intensité diminue progressivement jusqu'à IV-V lorsqu'on se rapproche du nord de la Basse Terre. En Grande Terre les intensités vont de V au sud (Pointe-à-Pitre, Sainte-Anne, Saint-François) à IV ou IV-V au nord.

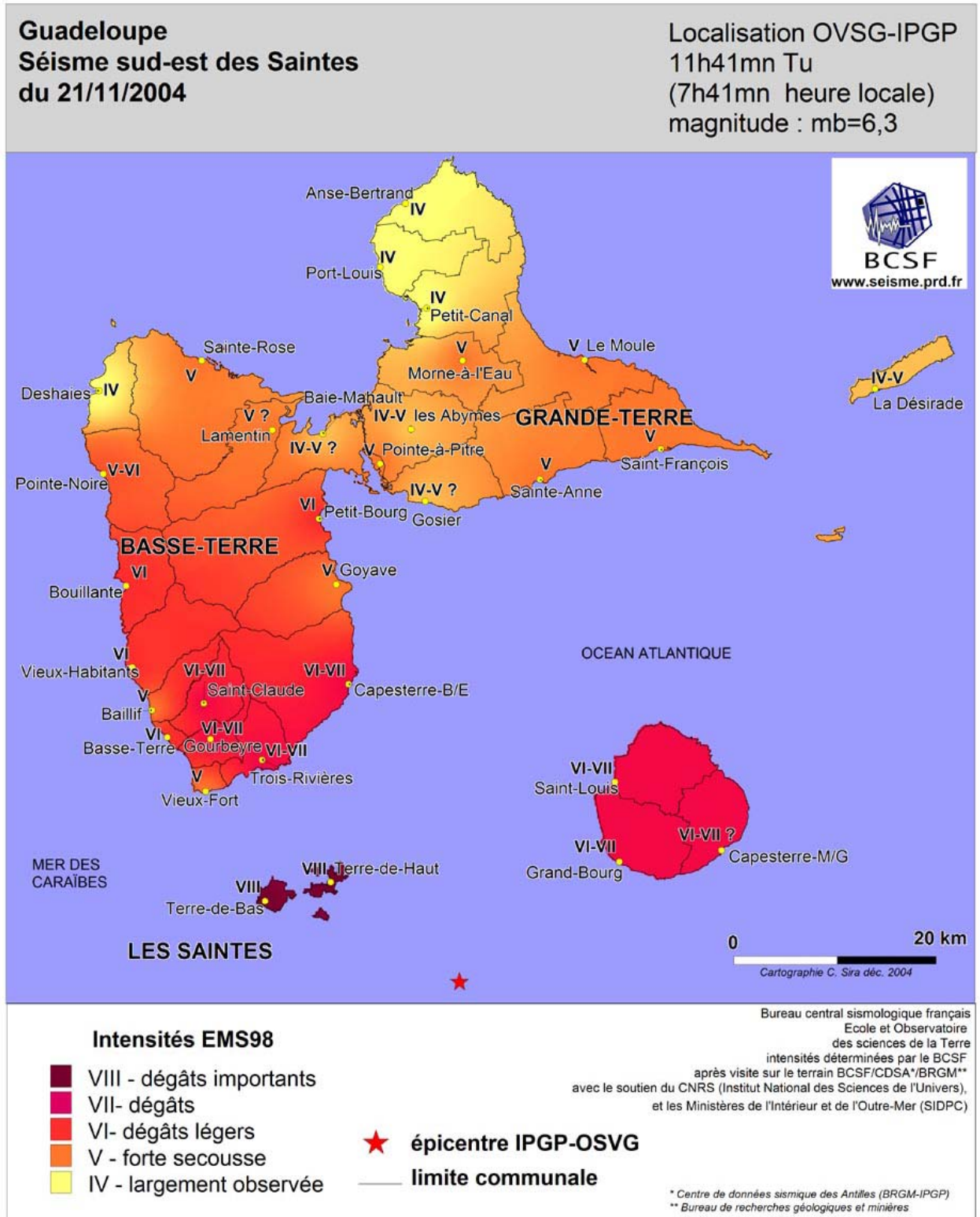


Figure 10 - Intensités macrosismiques du séisme des Saintes (source : BCSF).

L'habitat sur l'archipel de Guadeloupe est très dispersé, réparti sur des communes de grande superficie. Cela rend difficile une évaluation d'intensité valable sur l'ensemble des zones habitées d'une commune. À Terre de Bas, si l'intensité VIII est certaine pour le bourg de Petites Anses, de l'autre côté de l'île, dans le lieu-dit de Grande Anse, les dégâts sont moins importants et une intensité de VII est plus représentative des observations.

On constatera des intensités plutôt faibles sur les communes de Vieux Fort et Baillif (V), pourtant situées à des distances épacentrales assez proches.

Le rapport du BCSF de mai 2005 ne modifie que légèrement cette évaluation préliminaire. Les intensités à Marie-Galante sont finalement estimées à VI plutôt qu'à VI-VII. La Désirade est diminuée à IV au lieu de IV-V. À l'inverse, Anse Bertrand est mise à IV-V au lieu de IV.

### **3.2.3. Intensités aux Petites Antilles**

Le séisme est perçu à plus de 200 km de l'épicentre de Saint-Kitts et Nevis au nord, jusqu'à Sainte-Lucie au sud selon l'USGS. Il a été fortement ressenti au nord de la Dominique où quelques dégâts graves ont pu être constatés, notamment à Portsmouth (intensité VI à VII) (fig. 13 et 14, § 3.3). En Martinique, l'OVMP reporte une intensité maximale de IV. Le séisme n'a pas été ressenti à Saint-Martin et Saint-Barthélemy à 250 km de distance.

## **3.3. DOMMAGES AUX BÂTIMENTS**

En annexe 4, nous avons reproduit des fiches mises en forme pour le BRGM après les visites sur le terrain. Il s'agit d'un simple compte rendu de visite, accompagné de photos des dégâts constatés.

L'analyse précise des niveaux de dommage est décrite de façon détaillée dans les rapports de l'AFPS (décembre 2004) et du BCSF (mai 2005).

En Guadeloupe, les dommages graves constatés en dehors des Saintes, comme à la Plaine à Trois-Rivières (fig. 12) où on déplore la seule victime du séisme, sont tous liés à des bâtis fortement vulnérables (pilotis, constructions sur terrains fortement en pentes, mauvais entretiens, infiltrations d'eau). Les fortes pluies qui ont précédé le séisme ont aggravé la situation.





*Figure 11 - Terre de Bas : église de Petites Anses après le séisme.*



*Figure 12 - La Plaine-Trois Rivières : effondrement partiel d'une maison.*

Aux Saintes, les données accélérométriques montrent que les valeurs d'accélération mentionnées par les normes PS92 en zone III pour des maisons individuelles (classe B) ont sans doute été dépassées dans certaines zones.

À Portsmouth en Dominique, les dégâts les plus spectaculaires ont lieu sur les deux églises. Celle effondrée était constituée de murs en moellons non renforcés et fortement vulnérables.



*Figure 13 - Portsmouth, Dominique : effondrement partiel de l'église catholique.*



*Figure 14 - Portsmouth, Dominique : dommages sur l'ancienne église anglicane.*

### **3.4. TSUNAMI ET LIQUÉFACTION**

Plusieurs témoignages mentionnent un retrait de la mer sur des plages des Saintes suivi d'une petite vague de quelques dizaines de centimètres. Le phénomène aurait également été perçu, mais plus faiblement à Trois Rivières et à la Marine de Rivière

Sens de Gourbeyre. Les observations sont reportées en détail par Zahibo *et al.* (2005). Selon les auteurs, le retrait de la mer aux Saintes aurait pu être de l'ordre de 80 cm et la vague qui a suivi d'environ 70 cm.

Dans la baie de Marigot, à Terre de Haut, un phénomène localisé de liquéfaction a été observé sous la forme d'éjection de sable et d'eau (rapport AFPS, 2004). Du fait des fortes pluies, les traces de ce type de phénomène ont été très vite effacées.

La zone de Belle Plaine à Gosier est reconnue comme zone liquéfiable. Lors de la secousse, le secteur était inondé. Il n'a donc pas été possible de savoir si de la liquéfaction a pu avoir lieu bien que l'accélération ait été relativement faible à plus de 50 km de distance.

### **3.5. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES**

#### **3.5.1. Les réseaux accélérométriques**

##### ***a) Le réseau RAP de Guadeloupe***

Sur les douze stations du réseau RAP en Guadeloupe, deux n'ont pas fonctionnées lors de la secousse principale : JARA (à Jarry Baie Mahault) avec un problème de mémoire bloquée et une station provisoirement installée à l'Observatoire qui n'était pas branchée. À partir du 24 novembre 2004, la station de l'Observatoire est installée à Terre de Bas (TDBA).

Les stations du RAP sont interrogées par téléphone toutes les 24 heures et rapatrient les signaux correspondants aux localisations du bulletin sismique de l'OVSG.

Les premiers jours de la crise, les séismes enregistrés par le réseau de surveillance de l'OVSG se comptaient en dizaines d'événements par heure ! Les mémoires des stations RAP étaient saturées en moins de 12 heures. L'OVSG ne pouvant traiter dans des délais si courts une telle quantité de données, de nombreux signaux du RAP n'ont pu être récupérés.

En complément du réseau RAP, une station du Centre de Données Sismologiques des Antilles (CDSA) est installée à Terre de Haut au Fort Napoléon (TDHA) le 27 novembre. Elle est arrêtée le 1<sup>er</sup> janvier 2005. Le local étant endommagé par les secousses, l'étanchéité de la station n'était plus garantie. Cette station a été déplacée dans un nouvel emplacement derrière la mairie de Terre de Haut le 21 février 2005 (THMA).

##### ***b) Le réseau BRGM de Guadeloupe***

Le BRGM dispose de sept capteurs en fonctionnement :

- deux dans la zone de Basse Terre : la station GJYA à Saint-Claude et une station GHMA installée pour test sur le Houëlmont ;

- cinq autres stations installées dans l'agglomération de Pointe-à-Pitre sur quatre sites : GBRA à Petit Pérou aux Abymes, GFEA et GLAA dans des écoles de Pointe-à-Pitre (Fengarol et Lauricisque) ; GGFA et GGSA sont situées sur le même site au bord de la piste de l'aéroport du Raizet aux Abymes, l'un en surface, l'autre au fond d'un puits de 20 m de profondeur.

La station de Saint-Claude, GJYA, était la plus sensible du BRGM et la plus proche des épencentres, enregistrant les signaux supérieurs à 0,1 mg environ. C'est notre station de référence pour le suivi de la crise.

GHMA située au Houëlmont avait un seuil de détection plus élevé que GJYA (1 mg). Le 21 novembre après la secousse principale, la carte mémoire a été remplacée par une autre qui n'a pas fonctionné. Aussi, les répliques entre 12 h 40 GMT et 20 h 50 GMT n'ont pas été enregistrées.

Les stations de Pointe-à-Pitre sont à plus de 50 km de l'épicentre et quatre d'entre elles ont des seuils de détection élevés (2 mg ou plus sur des stations type SMACH 12 bits). Elles n'ont donc enregistré que les secousses les plus fortes ressenties à Pointe-à-Pitre.

### **c) Les réseaux de Martinique**

Le réseau RAP est composé de huit stations. Six ont enregistré la secousse du 21 novembre. Sur l'ensemble de la crise, beaucoup de données n'ont pas pu être récupérées pour des raisons techniques (délais de moins de 48 h pour la récupération des données, problèmes de liaisons téléphoniques...).

Le réseau BRGM de Martinique ne comportait que quatre stations en fonctionnement (trois à Fort-de-France et une à Trinité). Pour MTHA et MEXA, les mémoires étaient saturées et le signal n'a pu être récupéré. Les valeurs maximales de pics sont cependant obtenues par lecture directe sur la station.

Enfin, le Conseil général de la Martinique a un réseau de 28 stations. 15 ont enregistré le séisme du 21 novembre, dont deux situées en haut de bâtiment et de barrage et dont nous ne tiendrons pas compte. Les valeurs de PGA, reproduites dans le tableau 2, sont issues du site Internet du conseil général. Les caractérisations de site (R = Rocher ou Effet de site) sont issues du rapport BRGM RP-53905-FR (2005).

#### **3.5.2. Valeurs maximales de pics (PGA)**

Le séisme a été enregistré sur 43 stations accélérométriques (17 en Guadeloupe et 26 en Martinique) pour des distances hypocentrales entre 25 et 155 km.

Les valeurs de PGA des stations de Guadeloupe sont reproduites dans le tableau 2 et les figures 16 et 17.

La station la plus proche était celle de GBGA à Marie-Galante (25 km de distance hypocentrale) où le PGA atteignait 157 mg.

L'agglomération de Basse Terre comportait quatre stations (PRFA préfecture, ABFA à Baillif, GJYA à Saint-Claude et GHMA à Gourbeyre Houëlmont). La station PRFA est la référence au rocher. Pour des distances hypocentrales similaires (37 à 42 km), on observe des pics 2 à 3 fois plus forts sur les autres stations par rapport à PRFA.

De même dans l'agglomération de Pointe-à-Pitre avec cinq sites pour des distances entre 52 et 55 km, on observe un rapport de 2 à 3 entre les pics sur les stations à effets de sites (GLAA, GGSA, GFEA) et celui de la référence au rocher IPTA.

Au bord de la piste de l'aéroport, le site du Glide est composé d'une station en surface (GGSA) et d'une station à 20 m de profondeur (GGFA) au niveau rocheux. On observe une très forte différence entre l'accélération en surface (124 mg) et en profondeur (15 mg).

Au nord de la Basse Terre, à Sainte-Rose, la station SROA mesure un PGA de 112 mg, anormalement fort pour un site supposé au rocher, et par rapport à l'intensité V qui a été évaluée. Des mesures de bruit de fond, faites par le CETE Méditerranée en février 2005, devraient permettre d'évaluer la présence d'un effet de site particulier ou non sur cette station. On note également que le capteur a été placé sur un petit muret en béton, ce qui peut avoir eu un effet d'amplification.

En Grande Terre, on observe des valeurs similaires d'environ 30 mg à Anse Bertrand, le Moule et Saint-François.

En Martinique, les PGA varient de 3 à 28 mg, si on exclut la station MTRA de la Trinité, ce qui est cohérent avec les intensités III et IV observées. MTRA donne une valeur forte de 58 mg. Située dans une zone sableuse en bord de mer, elle subit un effet de site très prononcé. Cette station a une réponse systématiquement plus forte que les autres. Des vérifications sont à faire pour confirmer cette valeur.

### 3.5.3. Comparaisons des PGA avec les modèles d'atténuation

Il n'existe pas actuellement de modèle d'atténuation avec la distance qui soit propre aux Antilles. Ce sont des modèles conçus dans d'autres régions du globe qui sont utilisés en supposant qu'ils peuvent s'appliquer au contexte antillais.

Ce séisme permet de tester plusieurs modèles d'atténuation existants et de voir lequel paraît le mieux adapté. Nous avons sélectionné trois modèles conçus pour des séismes superficiels :

- Sadigh *et al.*, 1997 ;
- Campbell & Bozorgnia, 2003 ;
- Ambraseys *et al.*, 2005.

Sur la figure 15, sont représentés les valeurs de PGA horizontal pour les sites au rocher (croix rouges) et ceux à effet de site (croix bleues) en comparaison avec les valeurs médianes des trois lois étudiées pour des sites au rocher (ligne continue

rouge : Ambraseys *et al.*, 2005 ; ligne pointillée : Campbell et Bozorgnia, 2003 ; ligne avec alternance point et pointillé : Sadigh *et al.*, 1997).

Les plus fortes différences entre les trois lois apparaissent pour les distances supérieures à 80 km. La loi de Sadigh *et al.* (1997) donne une atténuation avec la distance plus forte que les deux autres. Cette loi correspond mieux pour les données de Martinique à plus de 110 km de distance.

Pour les stations de Guadeloupe, les PGA au rocher ont des valeurs proches ou supérieures à la valeur médiane de la loi. Les sites avec une réponse de type sol ont des valeurs de pics deux à trois fois supérieures aux valeurs prédites par les courbes au rocher.

Aux Saintes, où on ne disposait pas de données accélérométriques, une interpolation à partir de ces modèles d'atténuation donnerait une accélération au rocher de l'ordre de 150 mg et dans une gamme de 300 à 450 mg sur les zones à effets de site.

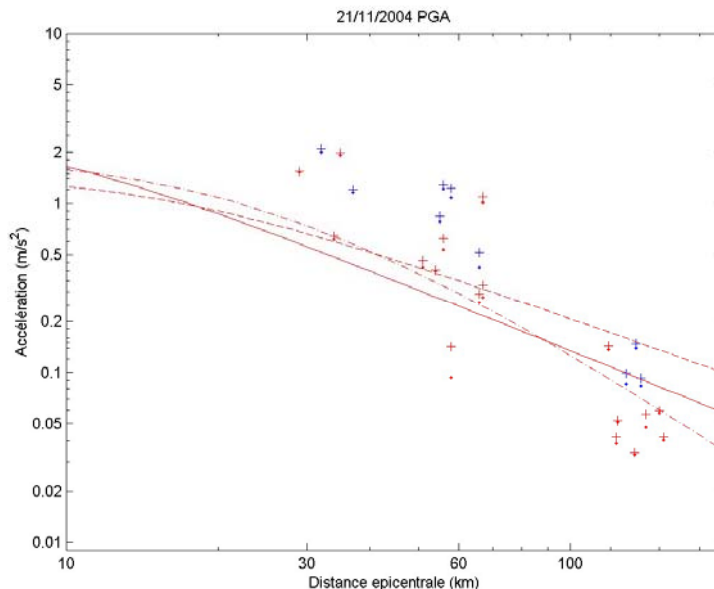


Figure 15 - PGA observés le 21 novembre et courbes d'atténuation au rocher.

La figure 16 montre une modélisation de la valeur de PGA estimée sur l'ensemble de la Guadeloupe. Cette modélisation est faite avec le logiciel de simulation développé par le BRGM pour les programmes CPER et Gemitis de Guadeloupe et Martinique. Le modèle d'atténuation pris en compte est celui de Sadigh *et al.* (1997) calculé avec sa valeur médiane au rocher. La cartographie des zones à effets de site est celle du macrozonage régional (rapport BRGM R40897, 2000). Les coefficients multiplicateurs pour obtenir l'accélération sur les zones à effets de sites sont ceux déterminés par cette même étude.

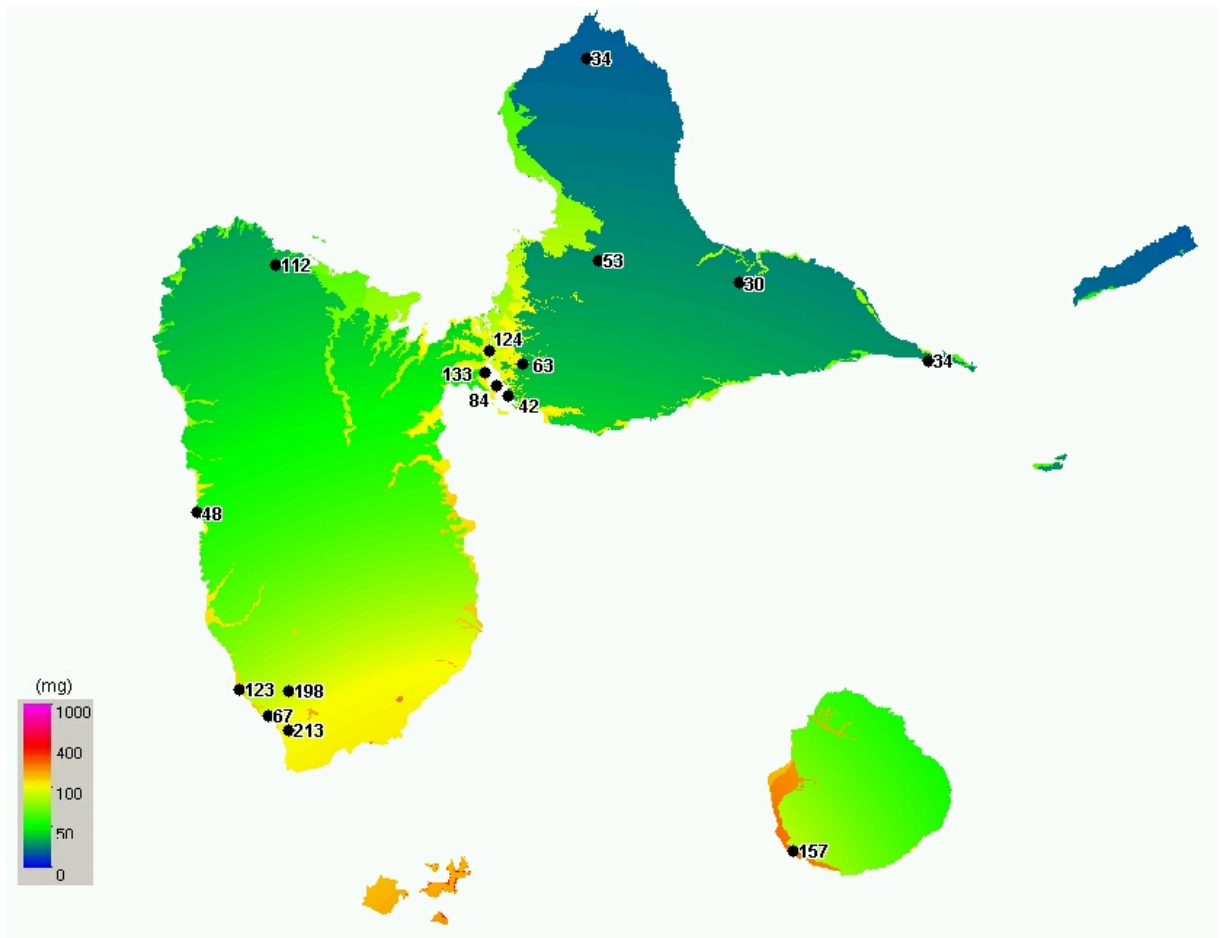


Figure 16 - Modélisation du PGA avec le modèle Sadigh et al. (1997),  
tenant compte des effets de site.

On a représenté également les PGA observés sur les stations accélérométriques (donnés ici en mg). Les zones en couleur jaune ont une valeur de PGA supérieure à 100 mg. Des dégâts significatifs peuvent s'y produire pour des bâtiments de très forte vulnérabilité. Les zones en orange et rouge sont celles où des dommages peuvent apparaître sur des bâtiments moins vulnérables.

Les résultats de cette simulation sont cohérents dans l'ensemble avec les PGA observées et aussi avec la répartition géographique des principaux dommages constatés. Il s'agit bien sûr d'une représentation assez approximative à une échelle régionale mais qui donne des indications visuelles facilement interprétables.

Ce type d'information, fourni dans des délais courts aux services de sécurité civile en charge de la gestion de crise, pourrait servir à orienter les priorités d'intervention. L'obtention de telles cartes en temps réel n'est pas possible actuellement et nécessite des adaptations du logiciel.

Réseau	Station	Code Station	max Z (g)	max NS (g)	max EW (g)	type	Lat, (°)	Long (°)	Distance Epicentrale (km)	Distance Hypocentrale (km)
BRGM-GUA	Antéa-Abymes	GBRA	0,0285	0,0465	0,0638	R	16,255	-61,516	53,0	54,8
BRGM-GUA	Fengarol Pointe-à-pitre	GFEA	0,0367	0,0839	0,0718	S	16,239	-61,537	51,5	53,4
BRGM-GUA	Aéroport Glide (fond)	GGFA	0,0138	0,0067	0,0142	R	16,266	-61,542	54,5	56,3
BRGM-GUA	Aéroport Glide (surface)	GGSA	0,0840	0,0961	0,1254	S	16,266	-61,542	54,5	56,3
BRGM-GUA	Houëlmont-Gourbeyre	GHMA	0,0643	0,2132	0,1947	M	15,981	-61,703	33,9	36,6
BRGM-GUA	Belfont-Saint-Claude	GJYA	0,1083	0,1982	0,1083	S	16,014	-61,705	36,5	39,1
BRGM-GUA	Lauricisque-Pointe-à-Pitre	GLAA	0,0960	0,1168	0,1315	S	16,249	-61,546	52,7	54,6
BRGM-MAR	Dillon-Fort-de-France	MDIA			0,0095	S	14,608	-61,054	138,5	139,2
BRGM-MAR	Exotarium-Fort-de-France	MEXA			0,0179	S	14,607	-61,077	137,7	138,4
BRGM-MAR	Théâtre-Fort-de-France	MTHA	0,0080	0,0135	0,0150	S	14,605	-61,074	138,1	138,8
BRGM-MAR	Mairie-Trinité	MTRA	0,0210	0,0580	0,0433	S	14,737	-60,967	129,0	129,8
RAP-GUA	Aérodrome de Baillif	ABFA	0,0956	0,1227	0,1138	S	16,013	-61,743	39,5	41,9
RAP-GUA	Anse-Bertrand	BERA	0,0142	0,0339	0,0268	R	16,484	-61,466	78,2	79,4
RAP-GUA	Grand-Bourg de Marie-Galante	GBGA	0,1146	0,1556	0,1570	R	15,883	-61,317	20,8	25,1
RAP-GUA	Institut-Pasteur-Abymes	IPTA	0,0308	0,0402	0,0411	R	16,233	-61,528	50,6	52,5
RAP-GUA	Morne à l'Eau	MESA	0,0161	0,0345	0,0525	S	16,333	-61,457	61,4	63,0
RAP-GUA	Le Moule	MOLA	0,0243	0,0296	0,0235	R	16,315	-61,349	61,0	62,6
RAP-GUA	Ecole de Pigeon-Bouillante	PIGA	0,0400	0,0391	0,0472	R	16,147	-61,769	52,3	54,2
RAP-GUA	Préfecture Basse-Terre	PRFA	0,0307	0,0341	0,0438	R	15,992	-61,722	36,3	38,9
RAP-GUA	Saint-Francois	SFGA	0,0165	0,0238	0,0338	R	16,251	-61,200	60,5	62,1
RAP-GUA	Sainte-Rose	SROA	0,0481	0,0957	0,1116	R	16,331	-61,707	66,5	68,0
RAP-MAR	Diamant	MADI	0,0037	0,0037	0,0035	R	14,493	-61,044	150,9	151,5
RAP-MAR	Marin	MAMA	0,0035	0,0060	0,0057	R	14,530	-60,960	150,3	151,0
RAP-MAR	Météo Desaix	MAME	0,0028	0,0032	0,0035	R	14,619	-61,120	135,1	135,8
RAP-MAR	Sainte-Marie	MASM	0,0055	0,0052	0,0055	R	14,768	-60,981	125,2	126,0
RAP-MAR	Hôpital Trinité	MATR	0,0072	0,0076	0,0101	S	14,736	-60,965	129,2	130,0
RAP-MAR	Zone Aéro-Militaire	MAZM	0,0038	0,0042	0,0059	R	14,586	-61,023	142,0	142,7

Tableau 2 - Valeurs des PGA pour le séisme du 21 novembre.



Réseau	Station	Code Station	max Z (g)	max NS (g)	max EW (g)	type	Lat, (°)	Long (°)	Distance Epicentrale (km)	Distance Hypocentrale (km)
CG-MAR	Observatoire Morne des Cadets	OBS	0,0045	0,0100	0,0075	R	14,735	-61,146	121,0	121,8
CG-MAR	Piscine Carbet	CGCA	0,0031	0,0037	0,0043	R	14,702	-61,175	123,3	124,1
CG-MAR	Réservoir Deux Terres	RDT	0,0066	0,0270	0,0157	S	14,697	-61,016	130,7	131,5
CG-MAR	Centre Thermal Absalon	ABS	0,0023	0,0031	0,0030	S	14,677	-61,096	129,1	129,8
CG-MAR	Collège Saint-Joseph	CJS	0,0066	0,0165	0,0140	S	14,674	-61,031	132,3	133,0
CG-MAR	Collège La Jetée (Français)	CLJ	0,0054	0,0094	0,0114	R?	14,617	-60,898	144,8	145,4
CG-MAR	Collège Place d'Armes	CPA	0,0040	0,0111	0,0087	S	14,616	-60,989	140,1	140,8
CG-MAR	Immeuble Concorde DDST	DST	0,0019	0,0022	0,0025	R	14,614	-61,064	137,0	137,7
CG-MAR	Collège Petit Manoir	CPM	0,0058	0,0108	0,0103	S	14,613	-60,997	140,1	140,8
CG-MAR	Archives Départementales Bas	ARS	0,0034	0,0037	0,0032	R	14,607	-61,080	137,0	137,7
CG-MAR	Centre culturel Atrium	ATR	0,0023	0,0075	0,0088	S	14,605	-61,066	137,8	138,5
CG-MAR	Barrage de Manzo Bas (Ducos)	BML	0,0034	0,0135	0,0125	S	14,589	-60,937	145,5	146,1
CG-MAR	Collège Diamant (Diamant)	CGDI	0,0037	0,0041	0,0044	R	14,479	-61,031	152,2	152,8

Tableau 2 (suite) - Valeurs des PGA pour le séisme du 21 novembre.

#### **3.5.4. Spectres de réponse – 21 novembre 2004**

Les spectres de réponses des stations de Martinique et Guadeloupe sont reproduits en annexe 2. Ils sont représentés pour chacune des composantes horizontales, en comparaison avec les spectres théoriques au rocher des lois Ambraseys *et al.* (2005) et Campbell & Bozorgnia (2003).

Pour les stations sur des sites au rocher, les plus fortes accélérations sont obtenues pour des périodes autour de 0,15 à 0,3 s.

Pour les stations avec effet de site (topographique ou lithographique), les périodes correspondantes aux plus fortes accélérations sont assez variables avec certains pics à basse période (PIGA, MESA) d'autres sur des périodes proches de 1 s (GFEA, GGSA, MASP, MTHA...).

La station GHMA, située sur le morne Houëlmont au BRGM, a un pic assez prononcé vers 0,4-0,5 s correspondant à un effet de site topographique identifié par des mesures H sur V (données non publiées).

## 4. Le séisme du 14 février 2005

La secousse du 14 février 2005 est la plus forte de la crise, après celle du 21 novembre 2004 (magnitude mb = 5.7, Mw estimé à 5.8 ou 5.9 selon les sources). Elle a surpris tout le monde, presque trois mois après le début de la crise, alors que la sismicité était revenue à un niveau assez bas et que les secousses ressenties devenaient de plus en plus rares. Son épicentre se situe à plus courte distance des Saintes que le séisme du 21 novembre.

Elle se produit un jour de semaine, un lundi à 14 h 05, heure locale, alors que la population est sur son lieu de travail, dans des conditions très différentes du 21 novembre (un dimanche matin tôt avec une population majoritairement à son domicile). La population a, dans son ensemble, bien réagi, gardant son calme. Les consignes de sécurité dans les établissements scolaires ont été appliquées. Il n'y a pas eu de mouvements de panique.

La secousse n'a pas fait de victimes. Les dégâts sont peu nombreux même aux Saintes. Une partie des bâtiments fortement endommagés le 21 novembre avait déjà été rasé.

### 4.1. LOCALISATION, MAGNITUDE ET MÉCANISME AU FOYER

<b>Heure Origine</b>	18: 05: 58.55 GMT
<b>Position</b>	Latitude 15° 48.03' N Longitude 61° 35.11' W Profondeur 13 km
<b>Magnitude</b>	Mw = 5.9
<b>Distance épacentrale</b>	Terre de Haut 7 km Terre de Bas 7 km Grand Bourg Marie-Galante 31 km Basse Terre 26 km Pointe-à-Pitre 49 km Saint-François 62 km Sainte-Rose 61 km Anse Bertrand 77 km
<b>Mécanisme au Foyer</b>	 Strike = 324 ; dip = 39 ; slip = -84 Strike = 135 ; dip = 51 ; slip = -95
<b>Longueur de faille</b>	6 km

La localisation de référence est toujours celle du CDSA (Bertil *et al.*, 2005), mais celle-ci n'est pas définitive, car elle ne prend en compte que les données de Guadeloupe. Cependant, disposant cette fois-ci de deux stations aux Saintes (une station courte période du réseau OVSG et une station du réseau RAP), les données sont suffisantes pour avoir une localisation précise à moins d'un kilomètre près.

L'épicentre est à 7 km au nord-ouest de celui du 21 novembre (fig. 17). Il est donc plus proche des Saintes (7 km) et légèrement plus proche du sud Basse Terre que de Marie-Galante (24/31 km respectivement). La profondeur est de 13 km, peu différente du 21 novembre.

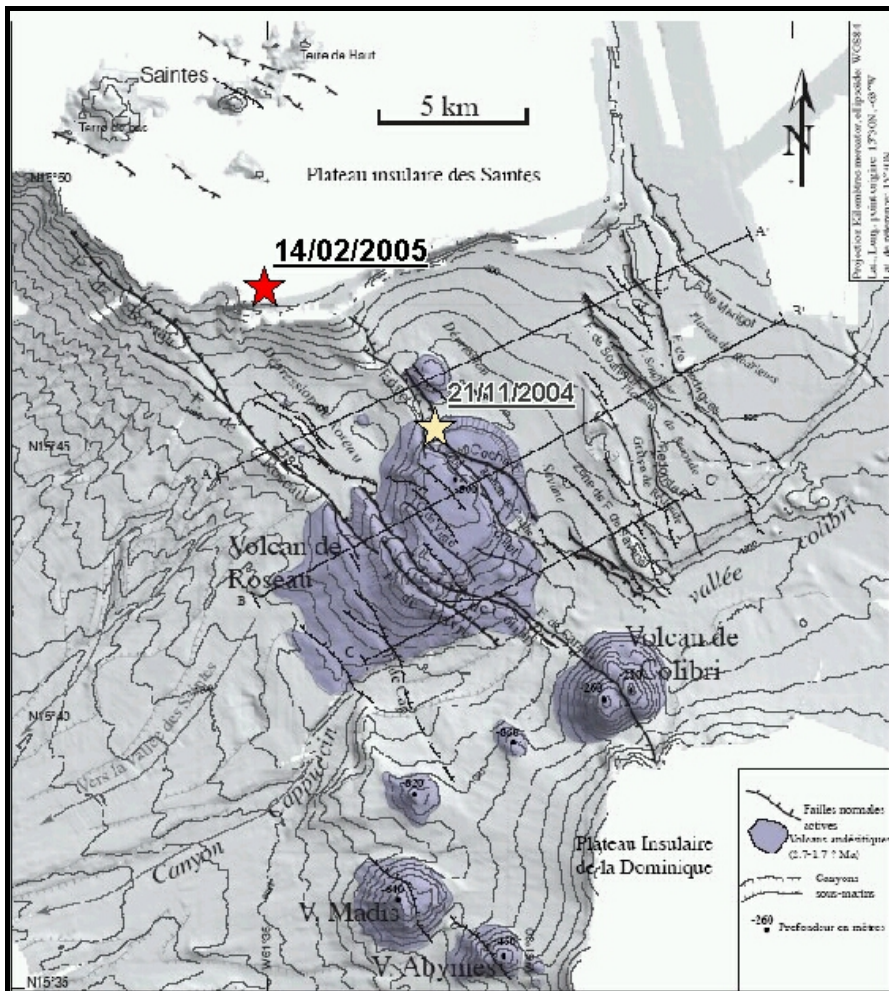


Figure 17 - Position de l'épicentre du séisme du 14 février 2005 (fond de carte N. Feuillet, 2000).

La magnitude de moment  $M_w$  est estimée par l'USGS à 5.9, ce qui donne une longueur de faille de 6 km selon le modèle empirique de Wells et Coppersmith (1994).

Le mécanisme au foyer du catalogue CMT Harvard est similaire à celui du 21 novembre, faille normale selon une direction  $N135^\circ$ .

Les caractéristiques des deux séismes sont très proches. Il y a trois hypothèses possibles :

- une forte réplique sur une portion de la faille activée le 21 novembre ;
- une activation dans la prolongation nord de la faille activée le 21 novembre ;
- une autre faille du système des Saintes.

Les données préliminaires ne permettent pas de privilégier l'une ou l'autre de ces hypothèses.

## 4.2. EFFETS OBSERVÉS

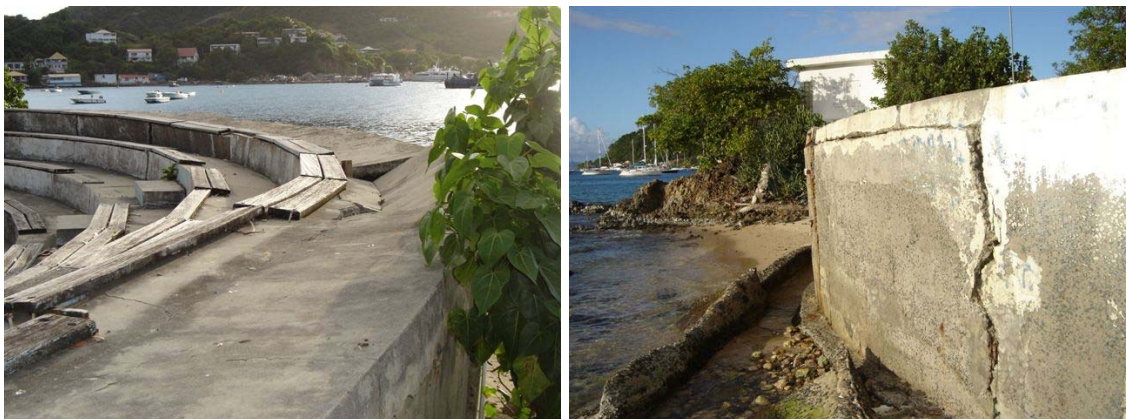
### 4.2.1. Enquêtes macrosismiques

À la demande du BCSF et du CDSA, la préfecture a fait parvenir des formulaires macrosismiques aux mairies, gendarmeries et centres de secours de toute la Guadeloupe. En mai, le retour des formulaires était faible : huit mairies, cinq gendarmeries, cinq centres de secours. Aucun ne mentionne de dégâts en dehors de ceux constatés aux Saintes. Le dépouillement des formulaires n'a pas été encore effectué.

### 4.2.2. Dommages aux Saintes

Nous disposons de moins d'informations sur les dommages que pour le 21 novembre. Ceux-ci sont moins nombreux. Les bâtiments les plus vulnérables sont déjà évacués ou rasés.

À **Terre de Haut**, on constate de nouveau des fissures sur la route de Bois Joli. Certaines canalisations d'eau potable sont endommagées. Au bourg, le petit Amphi derrière l'OMSC est endommagé (fig. 18). Dans les commerces, les rayons sont renversés (fig. 19).



*Figure 18 - Terre de Haut : dommages au petit Amphi après le séisme du 14 février (source : M. Bellenus).*



Figure 19 - Terre de Haut : dégâts dans une épicerie suite à la secousse du 14 février (source : M. Bellenus).

À **Terre de Bas**, le toit de l'ancienne gendarmerie s'est effondré. Un pan de mur de l'hôtel le Poisson Volant, déjà très endommagé après le 21 novembre, s'est affaissé (§ 6.2.1.).

#### 4.2.3. Traînée Blanche

De nombreux témoignages parlent d'une traînée blanche anormale observée juste après la secousse dans le canal de mer entre Terre de Bas et Terre de Haut (fig. 20 et 21, source : M. Bellenus, transmis par Christophe Sira, BCSF).

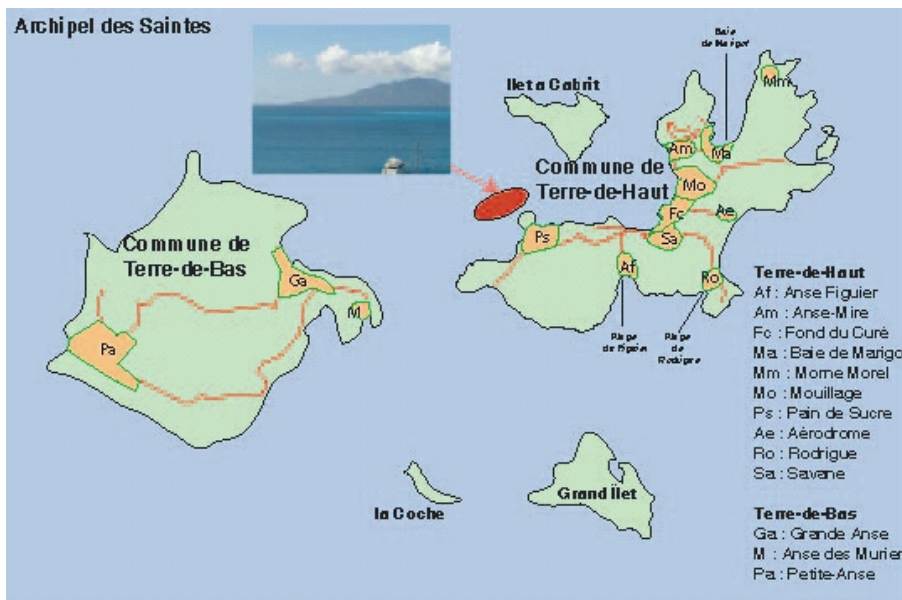


Figure 20 - Saintes : observation d'une traînée blanche en mer le 14 février. Carte de position (source : M. Bellenus).

Cette traînée blanche a inquiété la population de Terre de Haut. Elle est de forme circulaire et s'étale sur plusieurs centaines de mètres. Elle était visible dans les deux heures qui suivent le séisme.



Figure 21 - Saintes : traînée blanche observée en mer le 14 février (source : M. Bellenus).

Les pilotes de l'hélicoptère de la Sécurité civile, qui ont survolé les Saintes vers 17 h, disent ne pas avoir vu cette traînée anormale. Un nouveau survol le lendemain matin sur la zone ne montre aucune trace (fig. 42 au § 3.2.1.c).

Le phénomène est dû sans doute à une agitation de vase ou sédiment sur les fonds sous-marins. L'origine de cette agitation reste toute fois inconnue : mouvement de terrain sous-marin (mais pas de haut fond particulier dans cette zone là) ou mouvement lié à la faille active elle-même (la position de l'épicentre et une longueur de faille de 5 à 6 km n'est pas incompatible avec un positionnement de la trace en surface de la faille à ce niveau-là).

#### 4.2.4. Tsunami

Des témoignages parlent d'un retrait de la mer inhabituel sur la plage de Figuier à Terre de Haut (Eric Amhi et Docteur Bros, transmis par Christophe Sira, BCSF).

La photo de la figure 22 montre le niveau de la mer observé par rapport à son niveau habituel (ligne rouge sur la photo). La baisse du niveau d'après la photo serait de quelques dizaines de centimètres.

D'autres témoignages parlent d'une vague ayant submergé en parti l'îlet la Coche au sud des Saintes.

Un survol en hélicoptère du 15 février montre que des effondrements ont affecté les falaises sur la façade ouest de l'îlet (fig. 37 et 38, § 3.2.1.a). La vague observée est peut être liée aux chutes de blocs dans l'eau plutôt qu'à un tsunami. Sur l'autre versant de l'îlet la Coche, la plage de galets ne montre pas de trace significative d'une vague plus forte que les autres.



Figure 22 - Terre de Haut : observation d'un retrait de la mer sur la plage de Figuier le 14 février (source : Dr Bros).

### 4.3. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES

#### 4.3.1. Valeurs maximales de pics (PGA)

Le séisme est enregistré sur 18 stations en Guadeloupe pour des distances hypocentrales entre 14 et 66 km. Les données de Martinique qui nous sont parvenues sont encore incomplètes, aussi nous ne parlerons ici que des données de Guadeloupe. Les valeurs de PGA sont reproduites dans le tableau 3 et la figure 23.

La station RAP TDHA sur Terre de Bas est la station la plus proche de l'épicentre. Elle avait été installée après le 21 novembre 2004. Cette donnée est la première mesure de mouvement fort aux Saintes pour un séisme de magnitude supérieure à 5.0. La station de Terre de Haut avait été arrêtée en fin décembre 2004. Le PGA mesuré est de 708 mg sur la composante NS. Cette valeur est anormalement forte par rapport à ce qu'on aurait pu estimer à partir d'un modèle d'atténuation de type Sadigh *et al.* (1997). En plus d'un effet de site lithographique sous la station, il y a certainement d'autres effets de champs proches qui rentrent en ligne de compte pour expliquer cette valeur.

À Marie-Galante, le PGA observé est trois fois plus faible que pour la secousse du 21 novembre. La distance épacentrale plus grande (33 km au lieu de 25 km), se rajoutant à une magnitude plus faible explique cela.

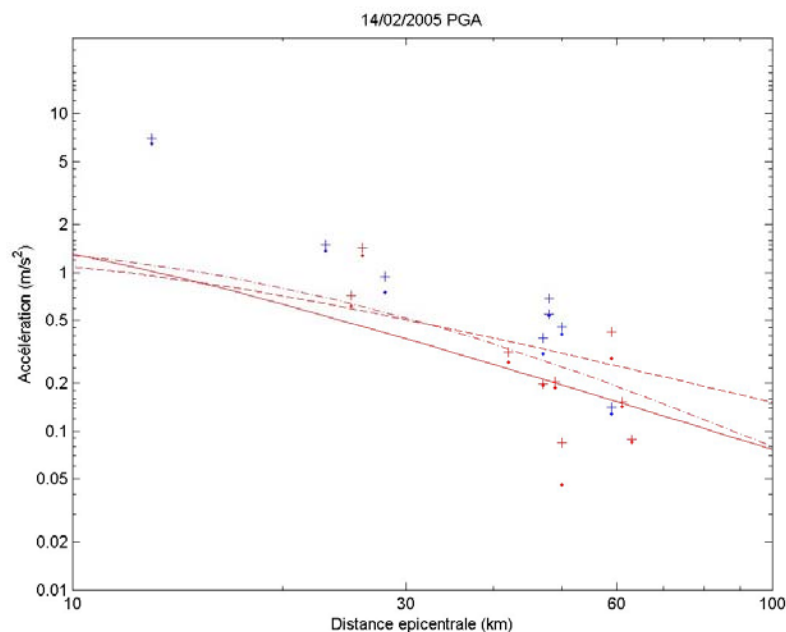
Dans l'agglomération de Basse Terre, on a un facteur de 0,7 en moyenne entre les pics observés le 14 février et ceux du 21 novembre. Les distances hypocentrales sont plus courtes d'environ 10 km (26 km au lieu de 36 km). Les valeurs d'accélération élevées obtenues sur les stations de Saint-Claude et du Houëlmon sont confirmées



pour ce séisme (142 à 152 mg). Sur la station Préfecture, le PGA est équivalent à celui du 21 novembre.

#### 4.3.2. Comparaison des PGA avec les modèles d'atténuation

Avec les données de Guadeloupe uniquement, les PGA observés sont fortement dispersés (fig. 23) et sont globalement plus élevés que les valeurs médianes des trois modèles d'atténuations : Sadigh *et al.* (1997), Campbell Bozorgnia (2003), Ambraseys *et al.* (2005).



sites au rocher (croix rouge), effet de site (croix bleus) ; valeurs médianes des trois lois étudiées pour des sites au rocher (ligne continue rouge : Ambraseys *et al.*, 2005 ; ligne pointillée : Campbell et Bozorgnia, 2003 ; ligne avec alternance point et pointillé : Sadigh *et al.*, 1997).

Figure 23 - PGA observés le 14 février et courbes d'atténuation au rocher.

La figure 24 montre le même type de simulation que celle effectuée pour le 21 novembre (cf. § 3.5.3) toujours avec le modèle d'atténuation Sadigh *et al.* (1997).

Les zones en orange (200 mg ou plus) restent limitées aux Saintes, avec peut-être quelques points sur le littoral de Marie-Galante et la pointe sud de la Basse Terre.

Selon cette modélisation, il y a peu de chance d'avoir de dégâts significatifs en dehors des Saintes.

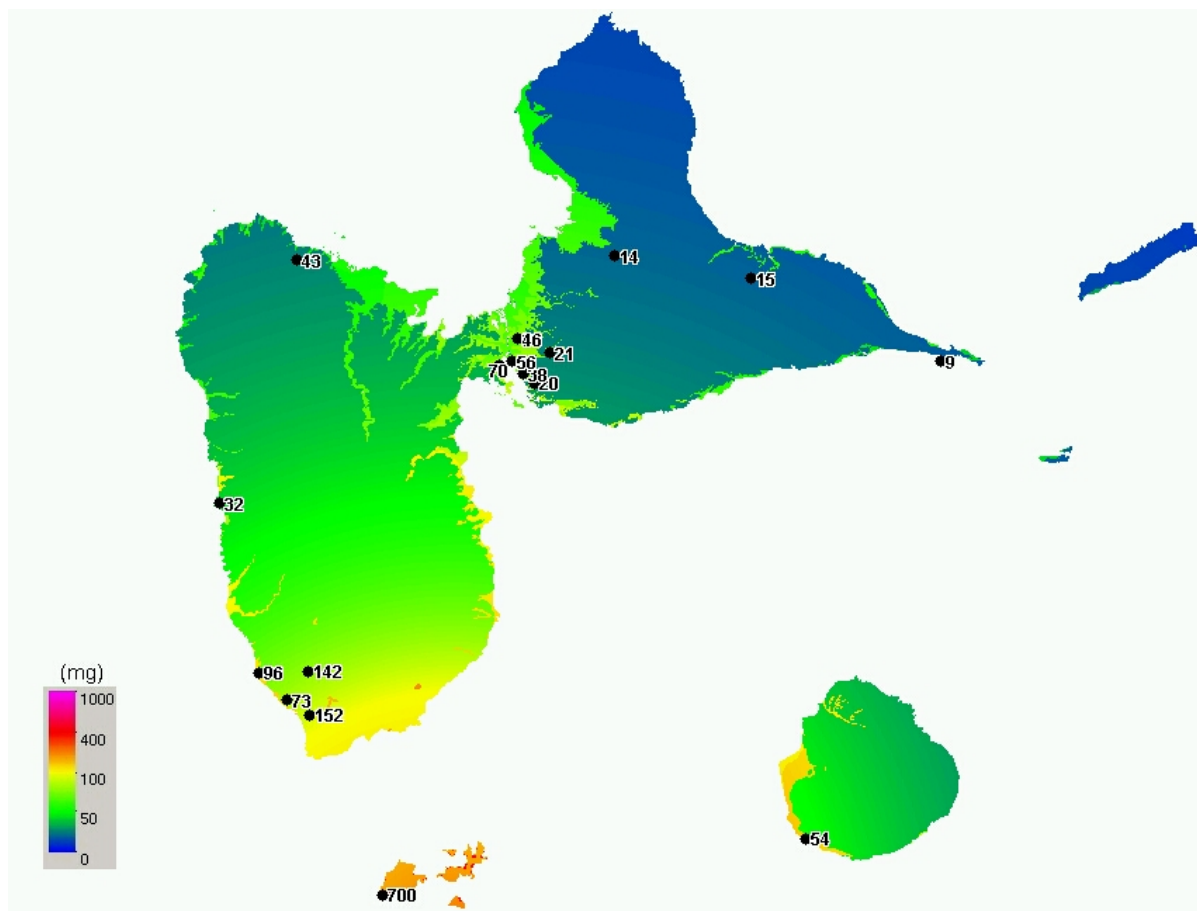


Figure 24 - Modélisation du PGA avec le modèle Sadigh et al. (1997),  
tenant compte des effets de site.

#### 4.3.3. Spectres de réponse – 14 février 2005

Les spectres de réponse pour les stations de Guadeloupe sont reproduits en annexe 3.

En première approche, le contenu fréquentiel de ces spectres diffère assez peu des spectres du 21 novembre. Les pics constatés sur les stations avec effets de site identifiées sont confirmés sur ces données du 14 février.

Réseau	Station	Code Station	max Z (g)	Max NS (g)	max EW (g)	type	Lat, (°)	Long (°)	Distance Epicentrale (km)	Distance Hypocentrale (km)
BRGM-GUA	Antéa-Abymes	GBRA	0,0175	0,0210	0,0102	R	16,255	-61,516	49,7	51,1
BRGM-GUA	Fengarol-Pointe-à-Pitre	GFEA	0,0244	0,0383	0,0239	S	16,239	-61,537	47,7	49,1
BRGM-GUA	Aéroport Glide (fond)	GGFA	0,0026	0,0088	0,0047	R	16,266	-61,542	50,6	51,9
BRGM-GUA	Aéroport Glide (surface)	GGSA	0,0542	0,0555	0,0457	S	16,266	-61,542	48,7	50,1
BRGM-GUA	Houëlmont-Gourbeyre	GHMA	0,1523	0,1272	0,0762	M	15,981	-61,703	23,0	25,8
BRGM-GUA	Belfont-Saint-Claude	GJYA	0,1161	0,1426	0,0578	S	16,014	-61,705	26,1	28,6
BRGM-GUA	Laurisque-Pointe-à-Pitre	GLAA	0,0542	0,0555	0,0458	S	16,249	-61,546	48,7	50,1
RAP-GUA	Aérodrome de Baillif	ABFA	0,0608	0,0960	0,0443	S	16,013	-61,743	28,5	30,9
RAP-GUA	Grand-Bourg de Marie-Galante	GBGA	0,0542	0,0347	0,0309	R	15,883	-61,317	30,5	32,7
RAP-GUA	Institut-Pasteur-Abymes	IPTA	0,0202	0,0196	0,0115	R	16,233	-61,528	47,0	48,5
RAP-GUA	Jarry-Baie-Mahault	JARA	0,0434	0,0702	0,0245	S	16,247	-61,555	48,3	49,8
RAP-GUA	Morne à l'Eau	MESA	0,0117	0,0145	0,0054	S	16,333	-61,457	59,4	60,6
RAP-GUA	Le Moule	MOLA	0,0155	0,0137	0,0071	R	16,315	-61,349	61,5	62,7
RAP-GUA	École de Pigeon-Bouillante	PIGA	0,0243	0,0318	0,0260	R	16,147	-61,769	42,5	44,2
RAP-GUA	Préfecture Basse-Terre	PRFA	0,0539	0,0732	0,0341	R	15,992	-61,722	25,3	28,0
RAP-GUA	Saint-Francois	SFGA	0,0090	0,0084	0,0062	R	16,251	-61,200	64,5	65,7
RAP-GUA	Sainte-Rose	SROA	0,0200	0,0429	0,0134	R	16,331	-61,707	59,3	60,5
RAP-GUA	Terre-de-Bas-Saintes	TDBA	0,6200	0,7083	0,5778	S	15,849	-61,643	7,8	14,3

Tableau 3 - Valeurs de PGA pour le séisme du 14 février.



## 5. La crise sismique entre le 21 novembre 2004 et le 30 mars 2005

### 5.1. ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DE LA CRISE

L'OVSG a comptabilisé à partir de son réseau plus de 22 000 répliques de magnitude entre 1.0 et 5.7, dont plus de 2 000 le premier jour (source : communiqué public mensuel de l'OVSG, avril 2005, fig. 25). L'activité sismique décroît très rapidement dans les trois premiers jours, puis plus progressivement jusqu'en janvier 2005. De janvier jusqu'au 14 février, le niveau d'activité s'est stabilisé, mais reste supérieur à une dizaine de signaux par jour. Le 14 février, l'activité reprend brutalement (1 500 signaux le premier jour). On revient à un niveau similaire à la situation d'avant le 14 février au bout de huit jours environ.

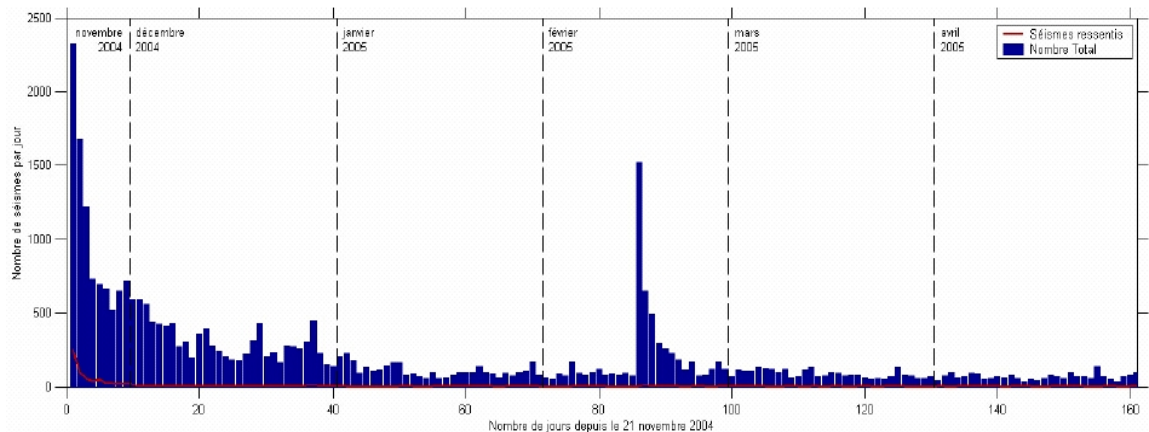


Figure 25 - Chronogramme de l'activité sismique entre le 21 novembre 2004 et le 30 avril 2005 (source : communiqué public de l'OVSG, avril 2005).

#### 5.1.1. Le suivi des répliques à partir de la station accélérométrique GJYA

L'OVSG n'a pas pu traiter la totalité de la crise. Les localisations des premiers jours et des jours qui suivent le séisme du 14 février ne concernent que quelques séismes principaux.

La station accélérométrique GJYA est une station BRGM située sur la commune de Saint-Claude installée en octobre 2003. Il s'agit d'une station Kinematics K2, avec un numériseur 24 bits. Elle enregistre sur une carte mémoire interne avec un critère de déclenchement de type STA/LTA. Les données ont été relevées régulièrement pendant toute la durée de la crise. La carte mémoire n'a jamais été saturée. Il est donc possible d'avoir un suivi à peu près complet des répliques principales, ceci indépendamment des localisations de l'Observatoire OVSG.

Entre le 21 novembre 2004 et le 15 mars 2005, nous avons pu récupérer 1 062 enregistrements de séismes. Les pics d'accélération de ces signaux sont à de rares exceptions près, supérieurs ou égaux à 0,1 mg. Seulement 502 d'entre eux, sont associées à des localisations préliminaires de l'OVSG.

Les distances épicentrales varient entre 15 et 50 km, avec une moyenne autour de 27 km.

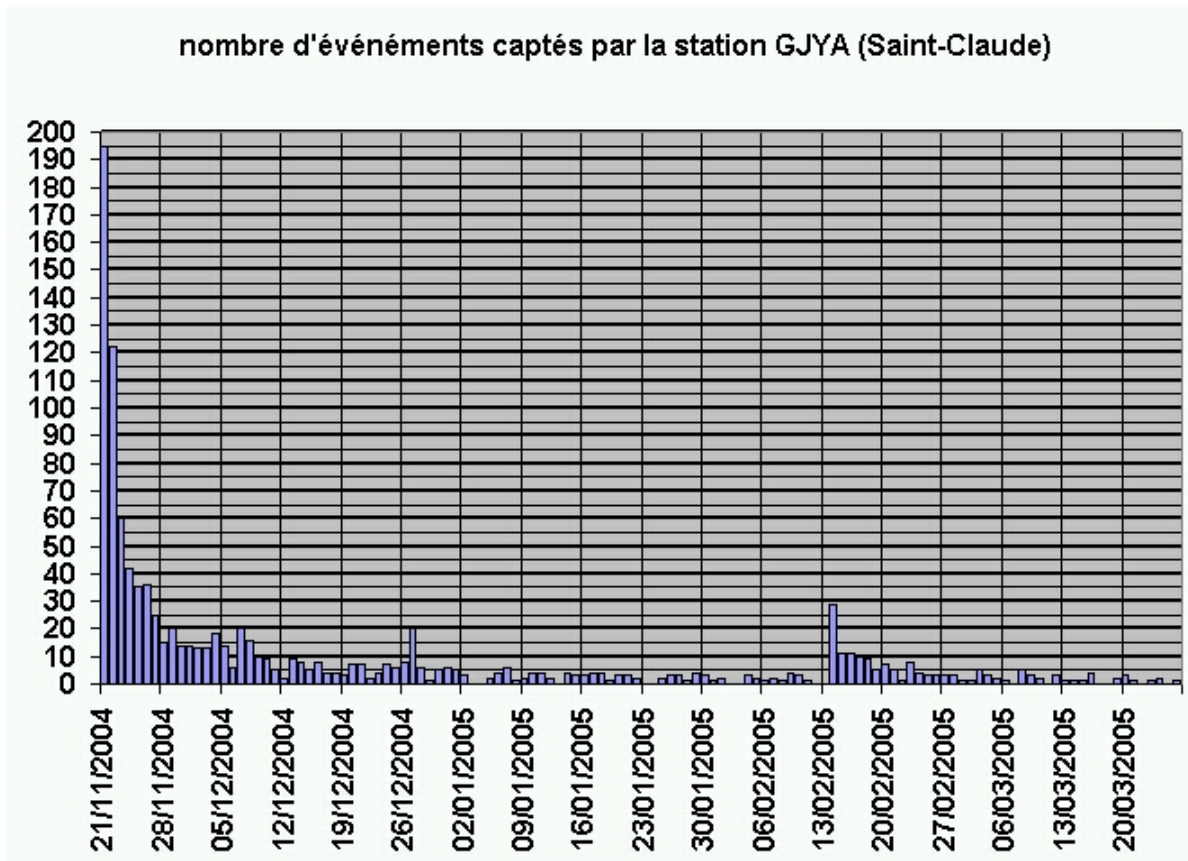


Figure 26 - Chronogramme de l'activité sismique vue par la station accélérométrique GJYA de Saint-Claude.

La station a enregistré plus de 50 signaux par jour pendant les trois premiers jours de la crise. On ne descend en dessous de 20 signaux par jour qu'au bout d'une semaine, et en dessous de 10 signaux par jour au bout de trois semaines. On observe bien une décroissance dans le temps exponentielle de l'activité sismique après le 21 novembre, avec cependant deux périodes présentant une augmentation significative de la sismicité :

- le 27 décembre 2004 (réplique de magnitude 4.8) avec 20 signaux enregistrés la journée du 27 et un retour à la normale dans les 24 heures ;
- le 14 février (réplique de mb = 5.7) avec 29 signaux enregistrés dans la journée, et plus de 10 par jour dans les 4 jours qui suivent. Pour cette réplique très forte, on a

un retour à la normale assez rapide, puisque au bout de 8 jours, on revient à un niveau d'activité proche de celui constaté avant le 14 février.

À la fin du mois de mars, la sismicité a fortement diminué mais n'est pas nulle. On a encore au moins un séisme par jour enregistré sur la station GJYA.

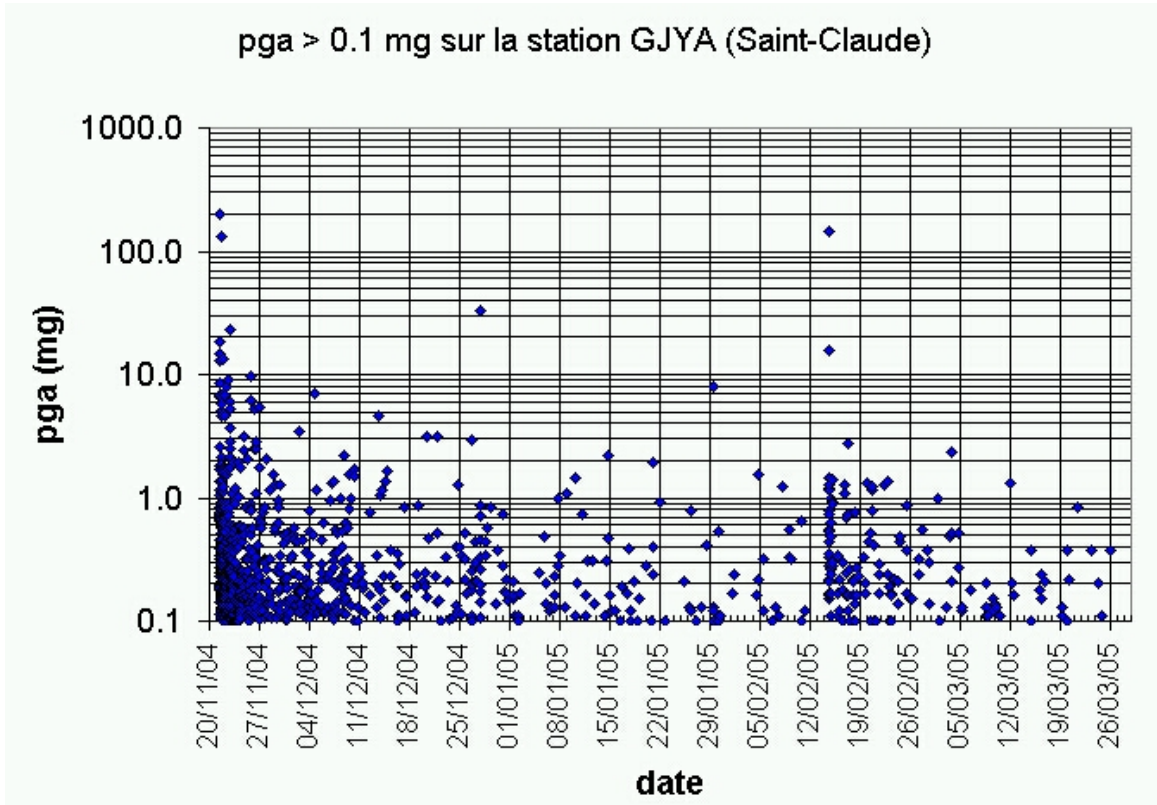


Figure 27 - Pics d'accélération PGA observés sur la station accélérométrique GJYA de Saint-Claude.

Sur la figure 27, nous avons représenté les valeurs de pics d'accélération PGA horizontale en fonction du temps.

Les PGA supérieurs à 2 mg sont susceptibles d'être ressentis avec une intensité II ou plus au sud de la Basse Terre et vraisemblablement IV ou plus au Saintes. 52 des séismes captés par la station GJYA répondent à ce critère.

## 5.2. LOCALISATION DES RÉPLIQUES PRINCIPALES

En avril 2005, le Centre de Données Sismologiques des Antilles a re-localisé les répliques les plus fortes de la crise entre le 21 novembre et le 1<sup>er</sup> mars 2005, à partir des données provenant des réseaux de surveillances IPGP (OVSG, OVMP), des stations RAP, des stations accélérométriques BRGM et de deux stations du Conseil général de la Martinique (Bertil *et al.*, 2005).

Date	Heure	Lat,	Long,	Prof,	M	Type M	rms	erh	erz	
21/11/2004	11 41	8,03	15,7573	-61,5305	14,2	6,4	Mw	0,25	0,6	0,5
21/11/2004	11 47	43,36	15,7905	-61,4897	10,4	5,1	mb	0,19	2,1	1,9
21/11/2004	11 50	48,84	15,7563	-61,5350	6,0	4,3	mb	0,09	1,4	1,7
21/11/2004	11 51	48,85	15,8005	-61,5330	12,3	4,8	mb	0,25	3,0	2,3
21/11/2004	11 54	20,45	15,7543	-61,4608	8,0	4,1	mb	0,26	1,7	1,8
21/11/2004	11 56	29,81	15,7678	-61,5402	11,4	5,0	mb	0,21	1,7	1,1
21/11/2004	11 58	48,64	15,8655	-61,6087	12,1	4,7	mb	0,23	1,9	1,2
21/11/2004	12 2	13,14	15,7462	-61,5405	9,0	4,8	mb	0,27	1,4	1,3
21/11/2004	12 8	33,33	15,8280	-61,5913	7,9	4,4	mb	0,18	1,9	2,1
21/11/2004	12 22	6,95	15,8320	-61,6152	10,4	4,5	mb	0,26	1,4	1,2
21/11/2004	12 45	27,23	15,8230	-61,5947	7,4	4,7	mb	0,25	1,1	1,7
21/11/2004	12 58	46,36	15,8228	-61,6105	8,1	4,4	mb	0,24	1,2	1,4
21/11/2004	13 36	59,46	15,7720	-61,5148	12,4	5,1	Md	0,27	1,0	0,7
21/11/2004	13 49	59,12	15,8192	-61,5837	9,2	4,6	mb	0,17	3,2	2,9
21/11/2004	14 47	13,07	15,8277	-61,6242	12,4	4,4	mb	0,18	1,4	0,9
21/11/2004	18 53	2,56	15,8035	-61,6288	11,8	5,5	Md	0,20	0,5	0,5
21/11/2004	20 19	43,24	15,8397	-61,6095	11,0	4,2	mb	0,23	2,1	2,3
21/11/2004	22 32	8,01	15,8613	-61,6142	14,6	4,2	mb	0,21	0,7	0,5
21/11/2004	22 56	32,62	15,7653	-61,4758	9,9	4,8	mb	0,25	1,0	1,1
22/11/2004	2 1	19,54	15,8293	-61,6358	12,4	4,7	Md	0,29	0,8	0,6
22/11/2004	10 36	8,2	15,8447	-61,5802	12,1	4,2	Md	0,20	1,3	0,9
22/11/2004	18 13	55,28	15,8112	-61,5228	12,4	4,3	Md	0,23	1,2	1,3
22/11/2004	21 23	52,85	15,8328	-61,5883	11,0	5,0	mb	0,24	1,5	1,3
22/11/2004	21 53	32,34	15,8548	-61,5857	9,7	4,0	Md	0,21	1,4	1,6
22/11/2004	22 40	11,62	15,8445	-61,5955	11,1	4,1	Md	0,16	1,0	1,1
22/11/2004	22 56	5,24	15,8367	-61,6108	10,5	4,5	mb	0,25	1,8	1,1
22/11/2004	22 59	50,32	15,8332	-61,6020	9,9	4,4	mb	0,22	1,6	1,1
25/11/2004	5 56	30,02	15,8468	-61,6178	11,6	4,2	mb	0,25	0,8	0,9
25/11/2004	20 51	54,53	15,8425	-61,6218	11,4	4,3	mb	0,18	0,7	0,7
25/11/2004	20 59	37,68	15,8453	-61,6163	11,5	4,4	mb	0,18	0,8	0,9
26/11/2004	5 5	17,74	15,7213	-61,4988	11,9	5,2	mb	0,25	0,9	0,7
26/11/2004	22 49	35,47	15,8320	-61,6147	11,1	4,9	Md	0,25	1,1	0,8
27/11/2004	15 45	33,08	15,7490	-61,4593	9,2	4,0	mb	0,25	0,6	1,0
27/11/2004	23 44	24,03	15,7048	-61,5018	10,1	4,9	mb	0,26	0,8	0,7
29/11/2004	16 36	34,29	15,7090	-61,4882	12,1	4,5	mb	0,29	1,1	0,7
29/11/2004	20 53	51,2	15,7725	-61,4827	10,9	4,6	Md	0,31	0,8	0,8
02/12/2004	14 47	52,95	15,6522	-61,5363	13,7	4,9	Md	0,29	1,6	1,1
05/12/2004	19 24	33,12	15,7037	-61,4967	11,9	4,0	mb	0,26	0,6	0,5
10/12/2004	7 53	9,77	15,7633	-61,5765	12,7	4,2	mb	0,28	1,0	0,8
10/12/2004	7 56	29,66	15,7658	-61,5695	11,5	4,1	mb	0,29	1,0	1,0
14/12/2004	21 29	26,77	15,7673	-61,4908	10,8	4,6	mb	0,26	0,6	0,7
19/12/2004	5 12	22,24	15,8003	-61,5667	10,3	4,0	mb	0,27	0,5	0,5
21/12/2004	19 47	27,2	15,8340	-61,6188	12,2	4,2	mb	0,27	0,6	0,4
26/12/2004	15 19	15,66	15,7477	-61,5773	10,5	4,5	mb	0,29	0,6	0,6
27/12/2004	20 58	14,3	15,8302	-61,5988	11,4	4,8	mb	0,27	0,5	0,3
10/01/2005	3 3	26,41	15,8278	-61,5398	13,7	4,3	mb	0,27	1,0	0,7
29/01/2005	14 45	34,01	15,8000	-61,5760	14,4	4,8	mb	0,20	0,7	0,3
14/02/2005	18 5	58,55	15,8005	-61,5852	12,7	5,9	Mw	0,23	1,7	1,0
15/02/2005	4 31	46,21	15,7597	-61,5795	14,0	4,3	mb	0,24	1,1	0,5
20/02/2005	17 3	53,99	15,7225	-61,5362	13,1	4,2	mb	0,24	0,9	0,4

Tableau 4 - Localisations CDSA des répliques de magnitude  $\geq$  à 4.0  
(source : Bertil et al., 2005).



Ont été pris en compte tous les séismes de magnitude  $m_{b_{USGS}}$  ou  $M_{d_{OVSG}}$  supérieure ou égale à 4.0, soit 50 répliques au total. Les hypocentres obtenus (tabl. 4 et fig. 28) ont une précision de localisation de l'ordre du kilomètre (Bertil *et al.*, 2005).

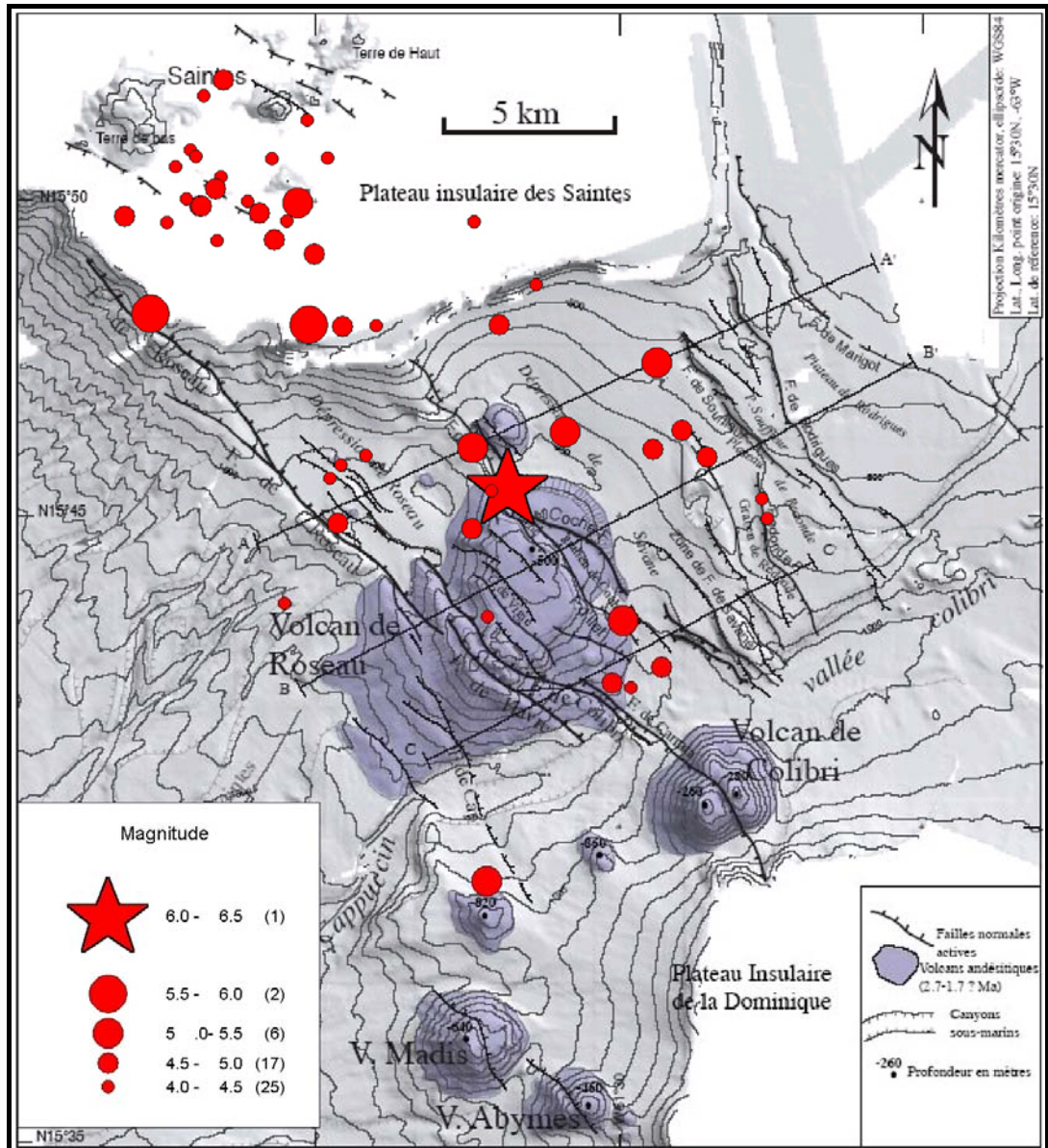


Figure 28 - Carte des répliques de magnitude supérieure à 4.0 (sources : Bertil *et al.*, 2005 ; fond de carte N. Feuillet, 2000).

Les répliques principales forment un essaim allongé de 22 km selon une direction N135° et large de 8 à 10 km. On peut distinguer deux groupes de répliques :

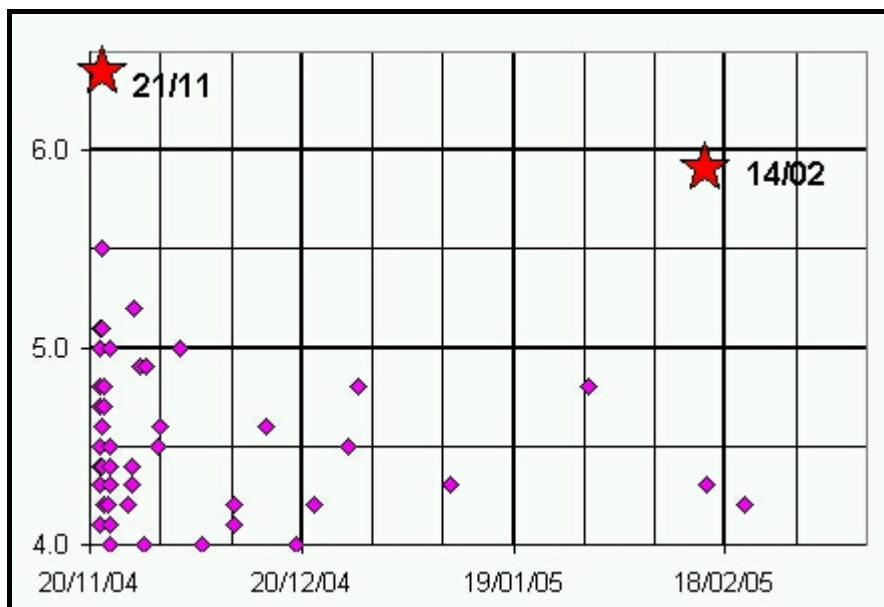
- l'un relativement dispersé autour du choc principal ;
- l'autre plus concentré sur un secteur de 5 km environ au sud-est de Terre de Bas.

La moitié de ces répliques font partie de ce deuxième groupe proche des Saintes dont les trois répliques principales du 21 novembre après midi, du 27 décembre 2004 et du 14 février 2005.

Entre l'épicentre du 14 février et celui du 21 novembre on remarque un petit « gap » de sismicité de 4 km environ qui existe également pour les magnitudes plus faibles.

La zone sismique active reste strictement limitée au sud des Saintes. Il n'y a pas de sismicité entre Vieux Fort et les Saintes. Quelques localisations préliminaires montrant des séismes dans cette zone ont été reprises et ont été relocalisées au niveau de Terre de Bas.

En revanche, une réplique a lieu à l'extérieur du système de faille, à proximité de l'île de la Dominique au sud ouest du volcan de Colibri. Les localisations de l'OVSG montrent d'autres répliques plus faibles dans ce secteur.



En supposant que :

- les épicentres localisés par le CDSA sont précis au kilomètre près ;
- la profondeur du foyer est bien entre 10 et 14 km ;
- les valeurs de 50° de pendage des mécanismes au foyer sont représentatives des pendages réels ;

il faut alors chercher la trace en surface du plan de faille responsable du séisme du 21 novembre, entre 8 et 12 km de distance de l'épicentre.

Dans ce cas, la faille de Roseau est trop proche de l'épicentre. La faille réactivée serait plutôt du côté du versant nord-est du graben : Redonde, Rodrigues ou Marigot.

Une coupe transversale au système de faille montre une sismicité relativement dispersée entre 6 et 15 km de profondeur.

Il n'est pas possible à partir de ces seules données de déterminer avec certitude un sens de pendage. Il faudra une localisation précise des répliques de magnitude inférieure.

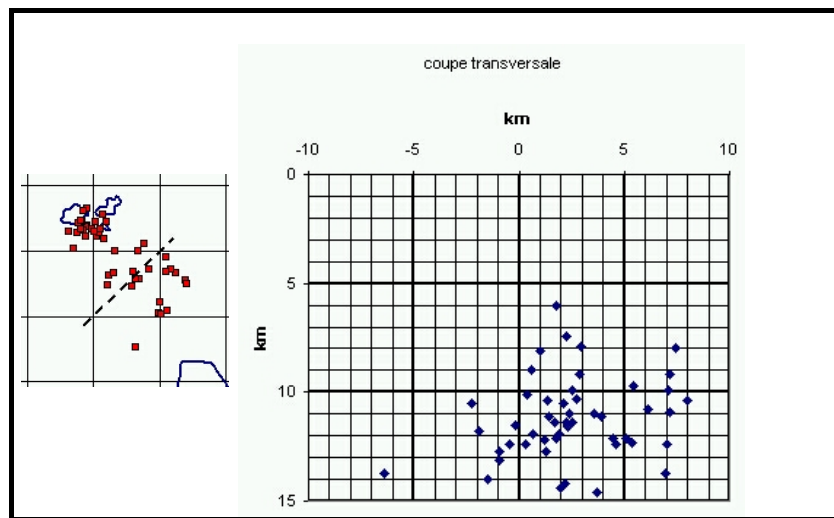


Figure 30 - Profondeur des séismes de magnitude supérieure à 4.0, coupe transversale (source : Bertil et al., 2005).

## 5.3. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES

### 5.3.1. Données des réseaux de Guadeloupe

Le tableau 5 indique le nombre de signaux enregistrés par les différentes stations accélérométriques de Guadeloupe et associés à un séisme localisé par l'OVSG.

Au total, nous disposons de 3 411 enregistrements de données accélérométriques correspondant à plus de 500 séismes localisés entre le 21 novembre 2004 et le 15 mars 2005. Ne sont pas pris en compte les enregistrements de séismes pas encore localisés par l'OVSG qui se rajouteront ultérieurement à cette liste.

Pour les seules données du BRGM, il y a eu plus d'enregistrements de séismes en cinq mois que dans les dix années précédentes.

Code station	Réseau	Nombre de séismes captés
ABFA	RAP	170
BERA	RAP	33
GBGA	RAP	499
IPTA	RAP	198
JARA	RAP	85
MESA	RAP	65
MOLA	RAP	106
PIGA	RAP	189
PRFA	RAP	382
SFGA	RAP	27
SROA	RAP	128
TDBA	RAP	532
TDHA	CDSA	98
THMA	CDSA	105
GBRA	BRGM	12
GFEA	BRGM	156
GGFA	BRGM	3
GGSA	BRGM	15
GHMA	BRGM	83
GJYA	BRGM	502
GLAA	BRGM	23
<b>Total</b>		<b>3 411</b>

Tableau 5 - Nombre de données accélérométriques enregistrées et associées à une localisation de l'OVSG.

### 5.3.2. Stations accélérométriques des Saintes

Ces stations n'ont pas enregistré les premiers jours de la crise (TDBA du réseau RAP/OVSG à partir du 24 novembre, TDHA du réseau CDSA à partir du 27 novembre). De plus, toutes les données n'ont pas pu être transférées à l'OVSG. La figure 31 nous montre les pics d'accélération supérieurs à 10 mg sur les deux îles de Terre de Haut et Terre de Bas. Ce seuil pourrait correspondre à des séismes ressentis avec une intensité IV et +.

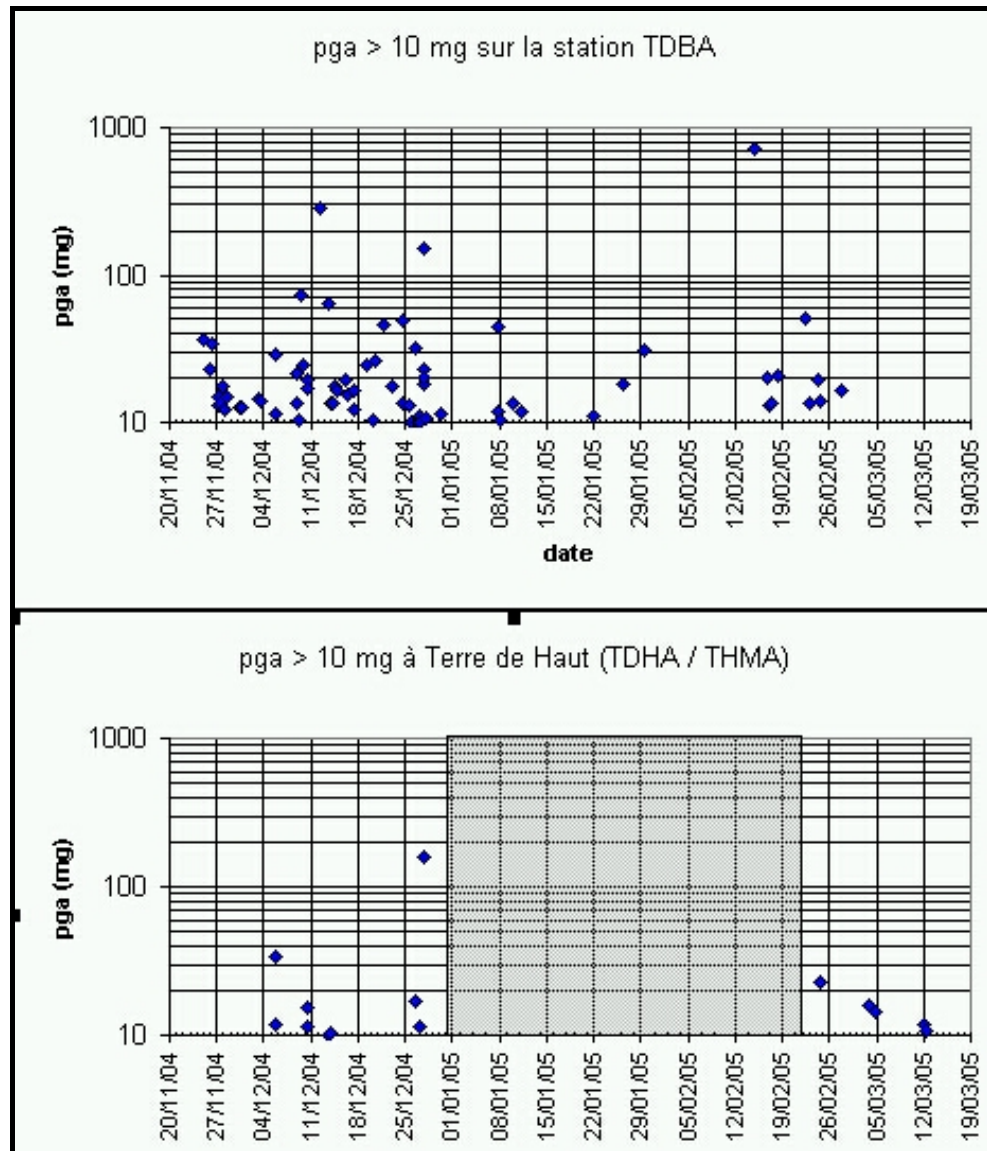
On observe au moins 72 secousses, avec des PGA supérieurs ou égaux à 10 mg sur TDBA. Sur les périodes où les stations de Terre de Haut ont fonctionné, les pics supérieurs ou égaux à 10 mg sont moins nombreux et ont en général une valeur plus faible. À cela, plusieurs raisons :

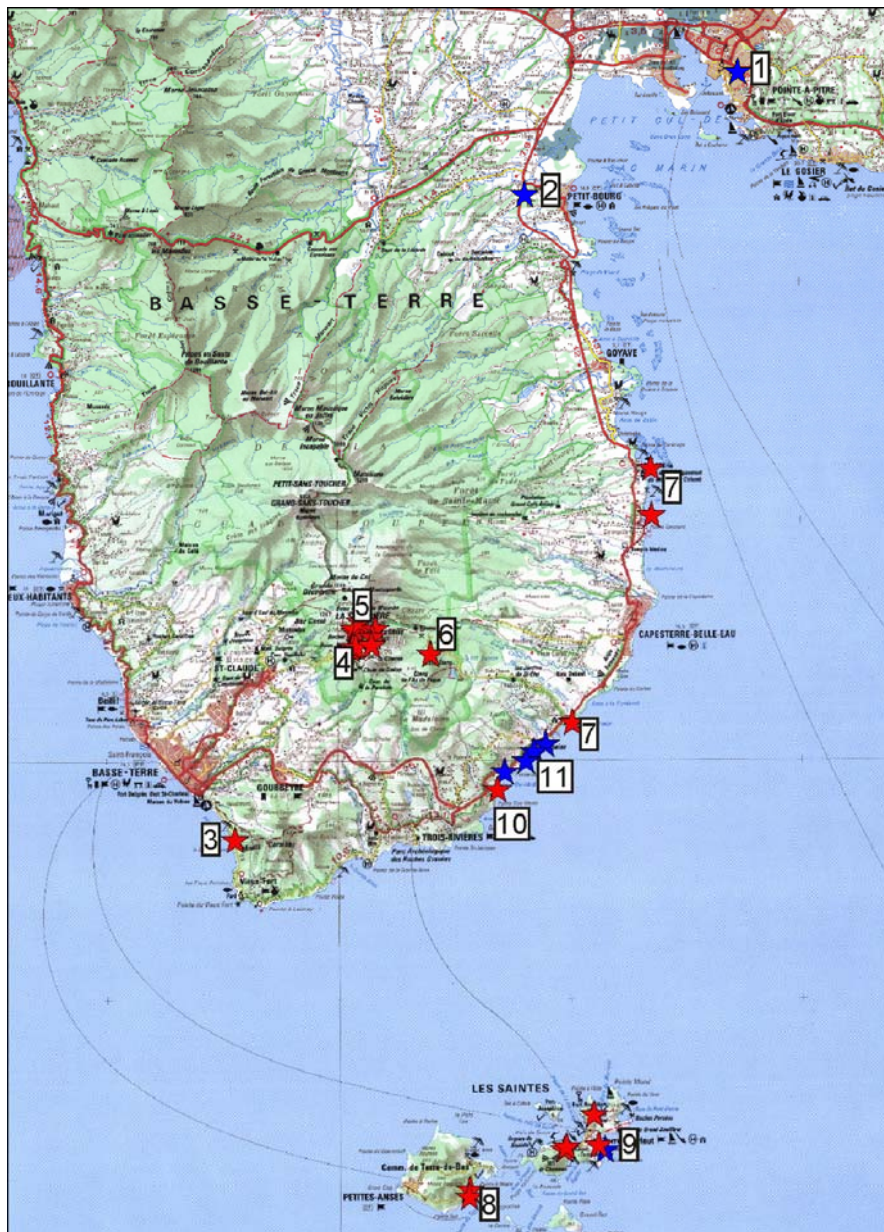
- la station TDBA se trouve sur une zone à effet de site ;
- les répliques proches des Saintes sont en majorité plus proches de TDBA que des stations de Terre de Haut.

Certains de ces pics > 10 mg sont obtenus pour des séismes de magnitude faible (Md entre 2 et 2.5) et des distances épacentrales inférieures à 5 km. Les valeurs de pics

sont parfois très élevées, avec un contenu fréquentiel supérieur à 15 Hz. Pour les magnitudes modérées (inférieures à 4.0), on a une très grande variabilité des valeurs de pics à courte distance.

Des études plus approfondies doivent être faites sur ces données accélérométriques obtenues à très courte distance.





- ★ Mouvements de terrain survenus à cause du séisme
- ★ Mouvements de terrain survenus à cause des inondations et réactivés lors du séisme

- |  |   |
|--|---|
| 1 Fond Laugier (ann. 5.12)               | 7 Front de mer Capesterre (ann. 5.10)   |
| 2 Petit Bourg – RN1 (ann. 5.11)          | 8 Terre de Bas-RD213 (ann. 5.1)         |
| 3 Rivière Sens/Vieux Fort (ann. 5.4)     | 9 Terre de Haut-RD214 (ann. 5.2 et 5.3) |
| 4 Route de la Soufrière (ann. 5.5)       | 10 Trou aux Chiens (ann. 5.6)           |
| 5 Dôme de la Soufrière (ann. 5.6 et 5.7) | 11 Différents désordres observés        |
| 6 Chutes du Carbet (ann. 5.8)            |   |

Figure 32 - Mouvements de terrains d'octobre et novembre 2004 expertisés par le BRGM.

## 6. Les mouvements de terrains

Les mois d'octobre et novembre 2004 ont été particulièrement pluvieux. En novembre des records de pluies ont même été battus (cf. ann. 5). Il en résulte un sol totalement gorgé d'eau sur l'ensemble de la Guadeloupe, des inondations et des mouvements de terrains importants dès le mois d'octobre (éboulement de Fond Laugier) et en novembre deux jours avant la secousse du 21 novembre (éboulement de la RN1 le 19 novembre, glissements de terrains à Bananier, Saint-Sauveur).

Le 21 novembre, les mouvements de terrain sont nombreux aux Saintes, et sur le sud de la Basse Terre (fig. 32). La secousse a déstabilisé des terrains déjà fortement fragilisés par les intempéries des jours précédents.

Sur la période novembre-décembre, le BRGM est intervenu en expertise sur 11 sites différents. Le paragraphe 6.1, synthétisant les résultats de ces interventions, est repris du rapport BGRM RP-53539-FR de décembre 2004. Les comptes rendus d'expertises sont reproduits en annexe 6.

### 6.1. MOUVEMENTS DE TERRAIN ACTIVÉS PAR LE SÉISME DU 21 NOVEMBRE

La forte secousse sismique du dimanche 21 novembre 2004 a activé de nombreux mouvements de terrain sur toute la Guadeloupe, dans des terrains saturés en eau et déjà très instables. Malgré l'ampleur et la localisation de certains d'entre eux, ces mouvements de terrain n'ont fait aucune victime.

#### 6.1.1. Éboulements sur la RD6 entre Rivière Sens et Vieux Fort

Les falaises qui bordent la RD6 entre Rivière Sens (commune de Gourbeyre) et Vieux Fort (commune de Vieux Fort) ont été affectées par des éboulements qui ont localement atteint la chaussée.

Un certain nombre de blocs de plusieurs m<sup>3</sup> restaient en suspend sur une vire, menaçant la chaussée.

À la demande de la DDE (Subdivision de Basse Terre), le BRGM s'est rendu sur les lieux le lundi 22 novembre 2004 pour réaliser un diagnostic d'urgence (cf. ann. 6.4).

Le BRGM a insisté sur le danger immédiat pour les usagers, que présentaient les blocs encore sur la vire à l'aplomb de la chaussée et a conseillé de réaliser une purge des blocs avant la réouverture de la route.

Il a également été mis en évidence, que suite aux secousses sismiques et compte tenu de la géologie et de la morphologie des falaises la surplombant, la route présentait un danger potentiel de nouveaux éboulements ou chutes de blocs.

Les blocs ont été purgés dans la journée et la route rouverte à la circulation.

Le jeudi 09 décembre 2004, de nouveaux éboulements se sont produits à l'endroit même où les blocs menaçaient la chaussée lors de l'éboulement précédent (cf. ann. 6). La route est coupée. Une étude géotechnique va être entreprise.

### **6.1.2. Glissements de terrain et éboulements sur la RD11 (Route de la Soufrière)**

La RD11, route d'accès à la Soufrière, a été affectée en quatre points majeurs (glissements de terrain/éboulements de grande ampleur et coulée) entre les Bains Jaunes et la Savane à Mulets. La route est totalement coupée et la chaussée probablement endommagée.

À la demande de la DDE (subdivision de Basse Terre), le BRGM est intervenu le mardi 23 novembre 2004, pour inventorier et évaluer les glissements de terrain et les éboulements (ann. 6).

Le danger général que présente cette route, d'ordinaire très fréquentée (haut lieu touristique de la Guadeloupe), a été souligné par le BRGM. Il a été préconisé par sécurité d'interdire totalement l'accès à la zone. Un arrêté municipal a été délivré pour interdire l'accès de la route au-delà des Bains Jaunes.

Le BRGM a recommandé à la DDE de faire appel à un bureau d'étude géotechnique pour étudier le site avant d'entreprendre les travaux de déblai.

En mai 2005, la route n'est toujours pas ouverte à la circulation.

### **6.1.3. Coulées de boues, glissements de terrain et chute de blocs sur le Dôme de la Soufrière**

Les chemins d'accès au sommet du Dôme de la Soufrière depuis la Savane à Mulet, et plus particulièrement le Chemin des Dames et la trace du Col de l'Échelle ont été coupés en différents points par des coulées de boue, des chutes de blocs et des glissements de terrain.

Le Parc National de la Guadeloupe (PNG) a demandé au BRGM de réaliser une reconnaissance de l'ensemble des désordres, ainsi que l'expertise géologique pour définir le degré de gravité des différents phénomènes dans l'optique d'une fermeture provisoire complète ou partielle de l'accès à ce site très touristique.

Après avoir parcouru le site le mardi 23 novembre 2004, le BRGM a indiqué au PNG le danger général pour le public concernant l'ensemble du massif de la Soufrière, et plus particulièrement le Chemin des Dames pour l'accès au sommet du dôme et la piste d'accès à la Citerne (cf. ann. 6.6).



Le 2 février 2005, une nouvelle expertise est demandée avant les travaux de remise en état du Chemin des Dames (cf. ann. 6.7).

Le sentier est de nouveau accessible au public en mars 2005.

#### **6.1.4. Éboulement aux deuxièmes chutes du Carbet (commune de Capesterre Belle Eau)**

Consécutivement au séisme, un éboulement d'un pan de la falaise s'est produit à droite des deuxièmes chutes du Carbet, haut lieu touristique de la Guadeloupe. Les blocs de plusieurs m<sup>3</sup> sont tombés dans le bassin naturel au pied de la chute où se baignent généralement les touristes et d'autres ont ricoché sur l'autre rive jusque sur la plateforme qui sert de point de vue aux visiteurs. Quelques blocs de plusieurs m<sup>3</sup> sont restés posés en position instable sur une vire qui domine la piscine naturelle.

À la demande du Parc National de Guadeloupe, le BRGM s'est rendu sur les lieux le mercredi 24 novembre 2004, pour réaliser une reconnaissance de l'ensemble des désordres observés ainsi que l'expertise géologique, afin de définir le degré de gravité des différents phénomènes dans l'optique d'une fermeture provisoire complète ou partielle de l'accès à ce site très touristique (cf. ann. 6.8).

Suite à cette expertise, le BRGM a insisté auprès du PNG sur l'extrême dangerosité du site pour les visiteurs, préconisant une interdiction totale de l'accès aux chutes jusqu'à la réalisation d'une étude plus complète. De nouvelles chutes de blocs sont d'ailleurs survenues peu après la visite du BRGM.

Un arrêté municipal a été délivré par la mairie de Capesterre Belle Eau, pour interdire l'accès aux chutes.

En mai 2005, l'accès au public n'est toujours pas rétabli.

#### **6.1.5. Éboulements dans la commune de Capesterre Belle Eau**

Dans la commune de Capesterre Belle Eau, à Poirier, Sainte-Marie et Saint-Sauveur, des éboulements ont affecté les falaises en bordure de mer, menaçant des habitations situées au sommet.

À la demande des services techniques de la mairie de Capesterre, transmis par la DDE, le BRGM est intervenu le mercredi 24 novembre 2004, pour évaluer les risques immédiats sur les habitations concernées (cf. ann. 6.10).

Les désordres constatés sur les falaises sont principalement liés à la saturation des sols en eau et à une forte érosion côtière.

Suite à cette intervention, le BRGM a insisté sur le danger général que représentaient les falaises côtières en régression, pour de nombreuses habitations situées en bordure. Il a été préconisé de réaliser une étude plus complète du phénomène.

#### **6.1.6. Affaissement de chaussée et chute de blocs sur la RD213 (Terre de Bas, Les Saintes)**

La RD213, axe principal qui relie les deux localités de Terre de Bas, Grande Anse à Petites Anses, a été fermée suite à d'importants désordres observés.

À la demande de la DDE (Jarry), sous mandat de la préfecture et du conseil général, le BRGM s'est rendu à Terre de Bas le jeudi 25 novembre 2004 pour réaliser un diagnostic d'urgence en vue d'une réouverture provisoire sous conditions le lundi 29 novembre 2004 pour la reprise de l'activité scolaire à Terre de Bas (cf. ann. 6.1).

Le BRGM a constaté que, sur une longueur de 500 m, le parapet de la route avait basculé, et la route était largement fissurée dans sa longueur avec basculement de la chaussée coté talus aval. De plus, des blocs de plusieurs m<sup>3</sup> parsemaient la chaussée.

Le BRGM a souligné le danger général que présentait cette route pour les usagers, insistant sur la position très instable de la chaussée coté talus aval et le risque important de nouvelles chutes de blocs.

La route a été rouverte provisoirement sur une seule voie avec une circulation alternée.

#### **6.1.7. Glissements de terrain, éboulements, chutes de blocs et affaissements sur la RD214 et les routes communales à Terre de Haut (Les Saintes)**

La RD214 et les routes communales de Terre de Haut ont subi de nombreux désordres suite aux intenses précipitations et à la secousse sismique.

À la demande de la mairie de Terre de Haut, le BRGM s'est rendu sur l'île pour réaliser un diagnostic de l'ensemble de ces désordres (cf. ann. 6.2 et 6.3).

Les observations sont les suivantes :

- route du Chameau (RD214) : éboulement important sur la chaussée depuis le talus amont, et affaissement de la chaussée coté talus aval. Le talus amont est particulièrement fracturé et érodé et encore parsemé de blocs instables dont certains de plusieurs m<sup>3</sup> ;
- route du Fort Napoléon (RD214) : chutes de blocs sur la chaussée dont certains blocs d'1 m<sup>3</sup>. Les blocs tombaient déjà avant la crise et la fréquence a augmenté pendant les événements ;
- route de Boisjoli : glissement de versant provoquant un affaissement de la chaussée avec apparition et évolution de fractures ouvertes dans la chaussée et dans le talus aval. Les fissures évoluent à chaque réplique sismique ;
- route de Grande Anse : glissements de terrain et ayant comblé la chaussée. De nombreux blocs sont instables au-dessus de la chaussée et le site est particulièrement altéré et fracturé ;
- route de Pompierre : présence de fissures dans la route et érosion importante entre la chaussée et le talus ;

- Morne la Savane : des chutes de blocs de plusieurs m<sup>3</sup> sur la terrasse d'une maison ayant détruit un bout du mur. Des blocs encore plus gros situés au sommet du morne continuent de menacer cette habitation et les voisins.

Suite à ces observations, le BRGM a signalé les dangers importants et immédiats pour la sécurité des personnes et des biens dans les secteurs suivants :

- la route du Chameau qui doit être purgée avant toute utilisation ;
- la route du Fort Napoléon qui présente des risques de nouvelles chutes de blocs ;
- la route de Boisjoli dont l'évolution doit être surveillée ;
- la route de Grande Anse dont les pentes comportent encore de nombreux blocs instables ;
- le morne la Savane où des habitations sont menacées.

#### **6.1.8. Les éboulements de Trou aux Chiens (commune de Capesterre Belle Eau)**

Au lieu-dit « Trou aux Chiens », la maison de M. Hamousin, construite au sommet d'un petit plateau délimité au sud-ouest par une ravine profonde d'une soixantaine de mètres, était située à environ 8 m en bordure de cette falaise.

Le séisme a provoqué d'importants éboulements sur les deux versants de la ravine et particulièrement au niveau de la maison de M. Hamousin, qui ne se retrouve aujourd'hui plus qu'à 3 m du bord. De plus, de nombreuses fissures sont apparues entre la falaise et la maison. La maison a été évacuée quelques jours après les événements.

À la demande du conseil régional, le BRGM a réalisé un diagnostic du site et a confirmé la nécessité de cette évacuation et insisté sur les dangers potentiels que pouvait présenter de nouveaux éboulements pour la maison du dessus et pour la route située de l'autre côté, sur la rive droite de la rivière de Trou aux Chiens (cf. ann. 6.9).

## **6.2. MOUVEMENTS DE TERRAIN ACTIVÉS PAR LE SÉISME DU 14 FÉVRIER**

Le séisme du 14 février n'a pas provoqué de glissements de terrains ou de chutes de blocs importants sur la Guadeloupe en dehors des Saintes. Les terrains n'étaient plus gorgés d'eau, les formations les plus instables étaient déjà tombées lors du séisme du 21 ou lors des répliques qui ont suivi jusqu'en décembre.

Il n'y a pas eu de demande d'expertise du BRGM, suite à ce séisme.

Entre Vieux Fort et Basse Terre, la RD6 a subi des chutes de blocs supplémentaires. La route était déjà interdite au public. Cette secousse a retardé les travaux de confortement. La route n'a été rouverte que le 20 avril.

Le 15 février, un survol en hélicoptère de l'archipel des Saintes a été proposé par la préfecture à l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de la Soufrière. L'objectif était d'observer d'éventuelles traces en surface laissée par la secousse, des indices de tsunami ou des traces de phénomènes de liquéfaction, de vérifier si ce phénomène de traînée blanche en mer vue par de nombreux témoins était encore visible. Nous avons pu participer à ce vol et prendre des photos des éboulements qui ont affecté les îles le 14 février et aussi depuis le 21 novembre.

### 6.2.1. Observations aux Saintes le 15 février

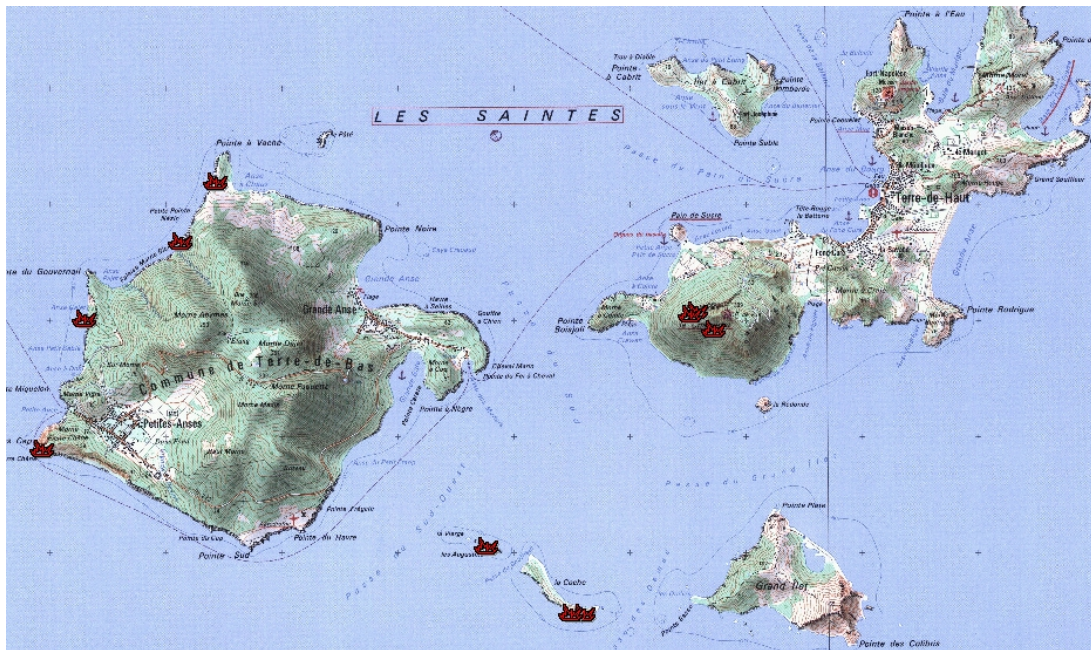


Figure 33 - Saintes : carte des mouvements de terrain observés en hélicoptère le 15 février.

#### a) Terre de Bas



Figure 34 - Terre de Bas : effondrements sur les falaises entre Pointe à Vache et Pointe du Gouvernail.



Coloration de la mer par la terre éboulée encore visible.

*Figure 35 - Terre de Bas : effondrements sur les falaises à l'ouest de l'île.*



Nombreux effondrements depuis le 21 novembre tout le long de la falaise, certains vraisemblablement repris le 14 février.

*Figure 36 - Terre de Bas : falaise entre Gros Cap et Pointe Sud.*

De nombreux effondrements sont visibles sur les falaises du nord et de l'ouest de l'île (fig. 34, 35). Lors du survol en hélicoptère du 15 février, l'eau de mer avait encore une coloration terreuse au pied des éboulements de la veille. Les falaises du sud de l'île ont subi aussi des chutes de blocs, mais déjà fortement affectées par des mouvements de terrains depuis le 21 novembre, les traces de la secousse du 14 février sont peu visibles (fig. 36).

### ***b) Ilets La Coche et Les Augustins***

Les chutes de blocs affectent plusieurs secteurs de falaises (fig. 37, 38).



*Figure 37 - Saintes, îlet La Coch : effondrements sur la pointe sud de l'îlet.*



*Figure 38 - Saintes, les Augustins : chutes de blocs sur la partie sud-est.*

**c) Terre de Haut : le Chameau**

Deux grandes saignées partant de la partie supérieure du Chameau sont bien visibles : l'une sur le versant sud (fig. 39), l'autre sur le versant nord (fig. 40, 41). Celle du sud daterait du 14 février. Celle du nord pourrait être moins récente.



*Figure 39 - Terre de Haut, le Chameau : chutes de blocs constatées sur le versant nord.*



*Figure 40 - Terre de Haut, le Chameau : grande traînée sur le versant sud laissée par des chutes de blocs.*



*Figure 41 - Saintes : détail du versant nord du Chameau.*



Aucune trace de la traînée blanche observée en mer la veille après le séisme.

*Figure 42 - Saintes : passe du Pain de Sucre.*



## 7. Bilan et retour d'expérience

### 7.1. INFORMATION SISMOLOGIQUE DE CRISE

Dans le cadre du plan de secours spécialisé séisme de Guadeloupe, l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (IPGP/OVSG) a un rôle d'information des autorités locales en cas de crise. Il en est de même pour l'OVMP en Martinique.

Le BRGM est intervenu également soit dans le cadre du CDSA (cf. § 7.5), soit en intervention d'expertise de mouvements de terrain ou en information du public (cf. rapport BRGM RP-53539-FR).

Dans les minutes qui suivent le séisme, il y a trois types d'information qui sont attendus en urgence :

- la localisation et la magnitude du séisme ;
- une évaluation approximative des effets possibles et des zones dans lesquelles des dommages sont à redouter ;
- une évaluation du contexte tectonique permettant la compréhension du phénomène et de ce qu'on doit attendre de l'évolution de la crise.

On analysera successivement ces trois points.

#### 7.1.1. Localisation et estimation de magnitude

##### ***a) Précision de la localisation***

L'arc des Petites Antilles ne permet pas d'avoir un réseau de surveillance sismique bien réparti. **L'alignement des stations le long de l'arc entraînera des incertitudes dans la localisation pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres en fonction des stations disponibles.**

C'était le cas pour le séisme du 21 novembre où la localisation préliminaire était 5 km plus à l'est que la localisation la plus complète obtenue avec les données rassemblées par le CDSA.

Dans le cas d'un séisme de subduction à l'est des îles, l'éloignement des stations amène non seulement des incertitudes sur l'épicentre mais également sur la profondeur.

La façon la plus efficace de diminuer ces incertitudes serait l'installation de stations sismiques sous-marines de type OBS qui élargiraient le réseau de surveillance vers l'est et l'ouest.

La mise en commun de toutes les données existantes dans le centre de données sismologique CDSA améliore les localisations préliminaires mais reste toujours soumis à ce problème de mauvaise répartition spatiale des stations sismiques. De plus, cette information ne peut être donnée rapidement en raison des délais d'obtentions de données autres que celles des réseaux de surveillance de l'IPGP.

### ***b) Fonctionnement du réseau***

Les stations du réseau de surveillance de l'IPGP sont transmises aux observatoires, grâce à des transmissions en continu par liaison radio. **Ces liaisons radios autonomes restent le moyen de transmission le plus sûr permettant un accès immédiat aux signaux, indépendamment des problèmes potentiels de liaisons téléphoniques ou d'alimentation électrique.**

Les autres réseaux de stations sismologiques ou accélérométriques sont dépendants de lignes téléphoniques, d'alimentation électrique ou de ligne Internet. Ils peuvent ne pas être disponibles avant un délai de plusieurs heures ou pas disponibles du tout en cas de perturbations graves. Ils ne sont donc pas utilisables pour de l'information de crise rapide.

### ***c) Magnitude***

La magnitude calculée par l'Observatoire est une magnitude de durée  $M_d$ , obtenue par la mesure de la durée entre le début du signal et la fin de la coda.

Les avantages principaux de cette méthode de calcul sont de permettre l'utilisation de stations non calibrées en amplitude, et d'obtenir une estimation de magnitude même lorsque le signal est saturé.

En contre partie, l'inconvénient majeur est qu'en cas de séisme fort, la durée du signal est longue (plus de 30 mn). Le calcul de la magnitude s'obtient alors avec des délais importants. De plus, l'estimation de cette durée est perturbée par les nombreuses répliques qui suivent généralement la secousse principale. **Cette méthode de calcul de  $M_d$  est inadaptée en période de crise.**

En cas de séisme comme celui du 21 novembre, c'est l'estimation de magnitude des réseaux internationaux (USGS) qui est la plus fiable. Mais, elle n'est obtenue que dans des délais assez longs (plus d'une heure) et à condition d'avoir des moyens de communications avec l'extérieur (Internet ou autre).

Il faudrait donc **calculer une magnitude à partir de signaux qui ne saturent pas en cas de mouvement fort**. Cette magnitude peut être soit une magnitude locale  $M_l$  obtenue à partir d'une mesure d'amplitude/période sur un pic maximal ou une magnitude de moment  $M_w$  à partir d'un spectre de signal. Une station accélérométrique dans les locaux de l'observatoire permettrait de disposer en permanence de données non saturées et d'avoir une estimation rapide de magnitude.

Dans le cadre du projet CDSA, une station accélérométrique est en cours d'installation en 2005 dans les locaux de l'OVSG.

Des premiers essais de calculs de magnitude MI, à partir de la station accélérométrique BRGM GHMA au Houëlmon, ont donné des résultats satisfaisants qui pourraient être appliqués facilement en cas de gros séismes.

#### ***d) Délai de transmission de la localisation et de la magnitude***

Le séisme du 21 novembre s'est produit un dimanche matin à 7 h 21. Il n'y avait personne dans les locaux de l'Observatoire. La personne d'astreinte doit se rendre sur place.

Il n'y a pas de procédure d'urgence de prélocalisation ou de prétraitement automatique permettant d'obtenir un résultat de localisation dans un délai court. À peine arrivée, la personne d'astreinte doit gérer à la fois le traitement de données et les appels téléphoniques des autorités, retardant encore plus le délai de traitement de l'information. Dans de telles conditions, le premier communiqué de l'Observatoire n'a pu être envoyé qu'à 10 h du matin.

Pour la réplique du 14 février, la situation était différente : la secousse a eu lieu en pleine journée, aux heures ouvrables. Le personnel était donc plus nombreux et immédiatement sur place. Le délai pour l'envoi de communiqués est plus court, mais reste de l'ordre d'une heure.

Dans l'état actuel des moyens techniques et humain, **le délai d'obtention d'une localisation et d'une magnitude fiables peut être de l'ordre d'une heure**, moins si le personnel est sur place.

Cela rajoute le délai de transmission de l'information (téléphone, fax ou e-mail). En cas de coupure des réseaux, il est primordial d'avoir à l'Observatoire un moyen de communication de secours. **Une valise Immarsat en état de fonctionner à l'Observatoire est indispensable.**

#### **7.1.2. Évaluation des effets**

L'OVSG estime l'intensité maximale ressentie en Guadeloupe à partir de témoignages éparses obtenus par téléphone lorsqu'un séisme est ressenti. En l'absence de témoignage, on ne peut donner qu'une estimation purement arbitraire basée sur la magnitude et de la distance au séisme.

Cette information est importante dans les premiers instants après le séisme car elle permet d'informer les autorités sur les dégâts probables auxquels on peut s'attendre et sur les zones les plus exposées.

Dans ses communiqués, l'Observatoire donne une estimation d'intensité probable. Pour le séisme du 21 novembre, cette estimation en dehors de témoignages précis

était sous-évaluée, autour de VI aux Saintes, au lieu de VIII d'après l'étude faite après coup par le BCSF.

Cette lacune d'estimation rapide d'intensité en période de crise a été en partie résolue dès décembre 2004, par la mise au point d'une loi empirique d'atténuation des ondes (Beauducel *et al.*, 2004) obtenues avec les données accélérométriques accumulées depuis le 21 novembre.

Cette loi permet le calcul du pic d'accélération à partir de la magnitude et de la distance hypocentrale. De là, on applique une correspondance entre pic d'accélération et intensité pour obtenir une carte isoséiste simplifiée. Le tableau de correspondance PGA/Intensité est tiré des travaux de Feuillard (1985).

**Cette loi d'atténuation Beauducel *et al.* (2004) a permis à partir de janvier 2005, d'ajouter aux communiqués la carte isoséiste simplifiée et une fourchette d'intensité estimée pour chaque commune de Guadeloupe.** Elle reste cependant une loi simplifiée, applicable à la crise des Saintes. Elle doit pouvoir être améliorée pour s'appliquer à l'ensemble des séismes intraplaques régionaux. Pour les séismes de subduction, il faut utiliser d'autres lois applicables à ce type de séisme.

L'évaluation rapide des effets probables et de leur localisation n'a pu être fiable lors de la première secousse en l'absence de données accélérométriques transmises immédiatement et de prise en compte de modèles d'atténuation permettant de calculer les pics d'accélération possibles en un point. Cette lacune a pu être facilement comblée.

On pourrait cependant obtenir des évaluations beaucoup plus pertinentes en prenant en compte **les effets de sites dans l'estimation des pics d'accélération**. Des cartes, comme celles des figures 16 et 24, facilement et rapidement interprétables pourraient être obtenues à partir du logiciel de simulation du BRGM. Ce logiciel ne fonctionne pas en temps réel. Il doit être adapté pour donner des cartes dans des délais suffisamment courts pour être utilisable en gestion de crise.

### 7.1.3. Contexte tectonique

Une fois la localisation obtenue, le contexte tectonique de la zone épacentrale doit permettre d'identifier le type de séisme :

- de subduction à l'interface entre les deux plaques ;
- de subduction dans la plaque plongeante ;
- intraplaque caraïbe ;
- d'origine volcanique.

Cette identification peut donner des informations immédiates sur ce qu'on peut attendre par la suite : aires d'intensité larges en cas de séismes profonds, plus réduites en cas de séismes plus superficiels ; identification de la faille qui a joué, de la longueur de faille réactivée par rapport à sa dimension, l'aire de répartition des répliques, etc.

Pour les Saintes, le système de failles qui a été mis en jeu n'a été identifié que très récemment grâce à une campagne de recherche en mer AGUADOMAR et les travaux d'interprétation de Nathalie Feuillet (2000). Cette identification reste incomplète puisque les fonds de moins de 200 m n'ont pas pu être cartographiés.

**En conséquence, on n'a aucune explication évidente sur le nombre élevé de répliques qui se produisent à proximité des îles de l'Archipel des Saintes, ni sur les failles mis en jeu dans cette zone-là.**

De façon plus générale, cette absence de données tectoniques, dans les fonds de moins de 200 m, concerne toute la Guadeloupe et également la Martinique. Dans ce cadre, la jonction entre les failles reconnues en pleine mer et celles reconnues à terre ne peut pas être établie de façon certaine.

Il n'existe pas en Martinique de travaux équivalents à ceux de Nathalie Feuillet autour de la Guadeloupe. **Le contexte tectonique et la connaissance des failles actives autour de la Martinique sont bien moins connues encore qu'en Guadeloupe.**

Le système de faille des Saintes a été interprété comme faisant parti d'un système plus étendu de failles en échelon le long de l'arc volcanique actif accommodant un mouvement général latéral senestre (Feuillet, 2000). Or ce sont des mécanismes au foyer en faille normale qui ont été observés sur ces failles de direction N135 et non pas du décrochement.

**Le contexte sismotectonique intraplaque local paraît plus complexe que prévu et devra être étudié de façon plus approfondie.**

Il est clair que le niveau de connaissance scientifique du contexte sismotectonique sur l'arc des Petites Antilles est encore loin d'être suffisant.

## **7.2. DONNÉES ACCÉLÉROMÉTRIQUES**

### **7.2.1. Fonctionnement des réseaux**

En Guadeloupe, les deux réseaux en place, celui du RAP géré par l'OVSG et celui du BRGM, ont dans l'ensemble fonctionné correctement. La crise a permis d'obtenir plusieurs milliers d'enregistrements pour des séismes entre magnitude 2.0 et 6.4, avec des données à très courtes distances (stations des Saintes parfois à moins de 5 km des épicentres). Le CDSA a permis de centraliser les données existantes, et de pouvoir les rendre compatibles à une utilisation commune.

Cependant, même si les enregistrements les plus importants ont pu être récupérés, il y a encore beaucoup de données intéressantes qui ont été perdues.

Pour le RAP, la récupération des données se fait par interrogation téléphonique. Ne seront rapatriés que les enregistrements correspondant à des événements sismiques référencés dans le catalogue de séisme de l'OVSG. Les stations ont une mémoire interne de 8 Mo. Quand la mémoire est remplie, les nouveaux enregistrements

écrasent les données les plus anciennes. Dans les premiers jours de la crise, les données qui n'étaient pas récupérées dans les 48 heures étaient perdues.

On voit ici les limites de ce système de fonctionnement adapté à des traitements en routine, mais pas à des périodes de crise. En cas de rupture des liaisons téléphoniques ou si les catalogues de sismicité ne sont pas mis à jour dans des délais très courts, les enregistrements sont définitivement effacés.

Il existe une procédure d'urgence permettant un rapatriement des données d'une journée ou d'une heure, mais à condition que la liaison téléphonique fonctionne. Cette procédure est très lente, elle permet de récupérer quelques événements sur quelques stations mais pas la totalité des déclenchements.

Dans les jours qui ont suivi le 21 novembre, l'OVSG n'a pu traiter que les événements les plus importants. Pour beaucoup d'autres séismes ressentis, les données RAP n'ont pu être récupérées.

Ce problème des stations du réseau RAP est connu. **Le remplacement progressif des cartes mémoires de 8 Mo par des cartes de 256 Mo est prévu** (cf. lettre d'information du RAP n° 2, juillet 2005). Il permettra de disposer de plus de temps en cas de crise pour récupérer les données enregistrées.

Les stations du BRGM ne sont pas interrogeables à distance. Les enregistrements se font sur une carte mémoire interne. Pour récupérer les données, il faut se rendre sur place. Quand la carte mémoire est pleine, il n'y a plus d'enregistrement. Les données les plus récentes sont alors perdues, mais l'enregistrement de la secousse principale n'est pas effacé.

Le BRGM disposait de deux stations accélérométriques dans l'agglomération de Basse Terre, avec des mémoires de 64 Mo. Les données de ces stations ont pu être récupérées régulièrement. Ainsi, la station GJYA permet un suivi de toute la crise, sans une seule perte de données enregistrées et sans dépendre des catalogues de sismicité de l'OVSG. La station GHMA, moins sensible, a enregistré les événements les plus importants.

Les données étaient récupérées tous les jours, puis tous les deux jours en début de la crise, et ensuite toutes les semaines. Cela montre l'intérêt de **disposer d'au moins une station facilement accessible, avec une capacité de mémoire suffisante et non dépendant d'une liaison téléphonique pour la récupération des données. Le réseau de stations accélérométriques du CDSA prévoit l'installation d'une station dans les locaux de l'Observatoire d'ici fin 2005.**

Quatre stations BRGM de Pointe-à-Pitre sont des stations SMACH assez anciennes de faible capacité de mémoire. Elles ont très vite saturé, mais ont toutes enregistré la secousse principale.

Le problème principal pour ces stations est d'avoir une plus grande autonomie de stockage. Des cartes mémoires d'au moins 500 Mo à 1 Go sont nécessaires pour

éviter les saturations. Le **remplacement progressif des stations SMACH du BRGM par des stations Geosig GSR24** est prévu et devrait résoudre ces problèmes.

Le séisme du 14 février a montré un pic d'accélération de 0,7 g sur la station TDBA des Saintes pour un séisme de magnitude  $M_w = 5.7$ .

**Dans une région comme les Antilles, les capteurs accélérométriques doivent pouvoir enregistrer des pics d'accélération de l'ordre de 1 g.** En août 2004, la sensibilité des capteurs du réseau RAP de Guadeloupe a été modifiée sur toutes les stations de 1 g pleine échelle à 2 g pleine échelle. Il ne devrait pas y avoir de saturation en amplitude des enregistrements du réseau RAP en cas de séisme majeur.

### 7.2.2. Modèles d'atténuation et cartes de pic d'accélération

Pour les deux séismes principaux du 21 novembre et du 14 février, nous avons pu comparer les valeurs de PGA obtenus avec des modèles d'atténuations existants. Le modèle Sadigh *et al.* (1997) semble pouvoir être utilisable sur des séismes intraplaques de ce type entre 20 et 140 km de distance avec toutefois de fortes disparités dans certains cas, notamment en champ proche à moins de 20 km de distance épiscopentrale.

**Pour les stations sur des sols à effets de site, les PGA sont 2 à 3 fois plus forts que pour les stations au rocher à des distances comparables.**

Les spectres de réponses pour les deux principaux séismes sont donnés en annexes 2 et 3. Le contenu fréquentiel reste variable d'une station à l'autre.

Des essais de modélisation utilisant une cartographie des effets de sites à une échelle régionale sont cohérents avec les valeurs de PGA et la répartition globale des dommages observés. Ils montrent que même avec des modèles d'atténuations généraux, les cartes de pics d'accélération obtenues restent cohérentes avec les observations. **De telles cartes obtenues dans des délais très courts pourraient fournir des informations primordiales pour les interventions de secours.** Les données nécessaires existent, mais ces outils doivent pouvoir être optimisés pour produire du quasi-temps réel.

## 7.3. ENQUÊTES MACROSISMIQUES ET VULNÉRABILITÉ DU BÂTI

### 7.3.1. Déroulement de l'enquête macrosismique collective

**L'enquête macrosismique pour le séisme du 21 novembre est la première faite aux Antilles selon des procédures habituellement utilisées par le BCSF.**

La mission du BCSF est venue en Guadeloupe entre le 24 novembre et le 1<sup>er</sup> décembre 2004 pour faire une enquête sur le terrain en rencontrant les représentants des communes (maire, adjoints, ou directeurs des services) et en allant voir les dégâts les plus significatifs signalés dans ces communes. Cette mission a

bénéficié sur place d'un appui du CDSA et du BRGM pour les visites sur le terrain et de l'aide du Service Interministériel de Défense et de Sécurité Civile (SIDPC) de la préfecture.

Le délai pour obtenir les évaluations d'intensité sur toutes les communes de Guadeloupe était très court. Pour tenir ce délai, il a été nécessaire d'utiliser l'hélicoptère de la Sécurité civile, pour se rendre rapidement sur les communes des Saintes et de Marie-Galante. Toutes les communes n'ont pas pu être visitées. Pour certaines où il n'y avait pas de dégâts significatifs signalés, les renseignements ont été pris par contact téléphonique.

À noter, les deux points suivants :

- L'enquête avait eu lieu seulement quelques jours après le séisme. Si pour les bâtiments publics on avait déjà une estimation globale des dommages, ce n'était pas le cas pour les maisons individuelles. Les dégâts aux maisons de la commune n'étaient pas encore tous signalés en mairie. **La première évaluation des intensités, demandée par les autorités le 1<sup>er</sup> décembre, est basée sur une estimation partielle des dommages.** L'évaluation faite par la suite et présentée dans la note préliminaire de mai 2005 tient compte de plus d'informations.
- L'accueil en mairie a été bon dans la mesure où cette mission du BCSF a été annoncée aux communes comme une enquête préalable à l'établissement du dossier de Déclaration de l'état de Catastrophes Naturelles. Cette confusion a posé des problèmes par la suite. Après le séisme du 14 février, le BCSF et le CDSA ont voulu lancer une deuxième enquête macrosismique avec des formulaires d'enquêtes renvoyés aux mairies, gendarmerie, centres de secours. Dans un premier temps, la préfecture n'a pas voulu faire la diffusion du formulaire vers les mairies de peur d'avoir des demandes de déclaration d'état de catastrophe naturelle pour cette réplique. Après explications, l'enquête a quand même pu avoir lieu, mais l'enjeu n'étant plus le même, le taux de retour des formulaires d'enquêtes est beaucoup plus faible.

L'enquête macrosismique est un outil scientifique d'évaluation de l'intensité. En cas de séisme fort, la déclaration d'une commune en état de catastrophe naturelle s'appuie sur cette évaluation. **La confusion a été très vite faite entre l'outil scientifique et une de ses finalités.**

En France métropolitaine, une enquête macrosismique est quelque chose d'occasionnel pour une commune donnée. Aux Antilles, il y a en moyenne cinq à six secousses ressenties par an. Sur une période de crise comme celle des Saintes, c'est plusieurs centaines de secousses qui ont été ressenties en quelques mois. Les critères de déclenchement d'une enquête macrosismique ne peuvent pas être les mêmes qu'en métropole et doivent être adaptés au contexte local. Un séisme ressenti, mais ne provoquant pas de dégâts, suscite moins la curiosité aux Antilles qu'en métropole.

L'enquête doit être déclenchée sur des séismes largement ressentis sur une des îles et éventuellement sur une des répliques principales si elle a lieu plusieurs mois après.



**Une à deux enquêtes dans l'année semble être un maximum envisageable si on veut des taux de retour raisonnables des formulaires.**

### **7.3.2. Enquête macrosismique individuelle**

Le séisme a eu lieu avant qu'on ait mis en place une procédure de diffusion de formulaires d'enquêtes à la population concernée.

Le formulaire individuel utilisé a été celui mis au point par le CDSA en concertation avec le BCSF.

Aux Saintes, une centaine de formulaires ont pu être remplis grâce à une personne bénévole : M. Ahmi s'est chargé de faire remplir ces formulaires à Terre de Haut et Terre de Bas. Sur le reste de la Guadeloupe, une centaine de formulaires ont été remplis par une diffusion à l'entourage des personnes travaillant au BRGM ou à l'Observatoire. Le BCSF a pu adapter ses formulaires en ligne pour permettre depuis le 21 novembre, aux personnes de pouvoir remplir le questionnaire. 126 formulaires ont été remplis sur le site du BCSF.

### **7.3.3. Typologie du bâti en terme de vulnérabilité**

Cette enquête a profité de l'adaptation au contexte antillais des formulaires d'enquêtes collectifs faites dans le cadre du projet de mise en place du CDSA.

**Dans les formulaires d'enquêtes, la typologie des bâtiments prise en compte était basée sur une classification établie par l'INSEE dans son recensement des populations.**

- type 1 – habitat de fortune ;
- type 2 – maisons traditionnelles en bois ;
- type 3 – maisons en maçonnerie ;
- type 4 – maison/villa en béton ;
- type 5 – immeubles collectifs.

Un des premiers résultats de l'enquête est de montrer que cette répartition est difficile à utiliser pour une interprétation en termes de vulnérabilité.

D'après le rapport du BCSF de mai 2005 :

- le type 1 est peu représenté et difficile à comparer en terme de structure ;
- la distinction type 3/type 4 s'est avéré difficile à faire. Dans beaucoup de cas, « béton » est confondu avec de la maçonnerie en parpaing.

**Le BCSF propose une typologie plus pertinente pour décrire l'habitat en Guadeloupe en termes de vulnérabilité :**

- maçonnerie en pierre (moellons) ancienne ou récente (classe de vulnérabilité A-B) ;

- maçonnerie en parpaings non renforcée (classe de vulnérabilité B) ;
- ossature en béton (poteau/poutre) et remplissage en parpaing (classe de vulnérabilité C) ;
- construction en béton (dalle/mur) (classe de vulnérabilité D) ;
- construction en bois (classe de vulnérabilité C-D).

Le rapport BCSF relève aussi les facteurs aggravants en termes de vulnérabilité du bâti :

- non respects de la réglementation parasismique pour de nombreux bâtiments ;
- urbanisation sur des zones exposées (pentes à fortes inclinaisons, terrains instables) ;
- fragilisation des structures en raison de la forte pluviométrie et du manque d'entretien.

#### **7.4. MOUVEMENTS DE TERRAIN**

Les mouvements de terrains ont été nombreux en Guadeloupe. **Le contexte de forte pluviométrie a très certainement eu une influence notable sur les désordres observés.**

Ne sont décrits dans ce rapport que les mouvements de terrains sur lesquels le BRGM est intervenu en expertise. Un survol en hélicoptère après le séisme du 14 février a permis en plus de constater les nombreux éboulements survenus aux Saintes, en particulier sur les falaises côtières de Terre de Bas.

**Certains de ces mouvements de terrains ont des conséquences durables** avec la fermeture de la départementale D6 entre Vieux fort et Gourbeyre pendant plusieurs mois, le rétrécissement à deux voies de la RN1 à Petit Bourg, la fermeture de la route d'accès au volcan de la Soufrière au-delà des Bains Jaunes, la fermeture de l'accès au pied des deuxièmes chutes du Carbet, lieu touristique très fréquenté de la Guadeloupe. Il n'y a eu heureusement que peu de dégâts aux habitations elles-mêmes.

**L'alea mouvement de terrain est très présent en Guadeloupe avec des conséquences possibles en cas de séisme qui sont loin d'être négligeables.** En cas de séisme plus important que celui des Saintes, on peut s'attendre à des perturbations importantes sur les voies de communications empêchant l'intervention des secours, à plus de victimes et à des impacts économiques sur de longues durées.

La cartographie de l'alea mouvement de terrain à l'échelle régionale ou dans les microzonages de Pointe-à-Pitre et Basse Terre a déjà été réalisée. **La prise en compte de cet aléa, dans les outils de simulations des conséquences d'un séisme, serait très utile pour des scénarii sismiques plus réalistes aux Antilles.**

## **7.5. CENTRE DE DONNÉES SISMOLOGIQUES DES ANTILLES**

Le CDSA est un projet commun BRGM/IPGP en cours de réalisation. Au 21 novembre, il n'était pas encore opérationnel. Cependant la base de données et les outils de traitement de données étaient déjà en place et ont permis de :

- re-localiser plus précisément le séisme principal et les 40 plus importantes répliques (Bertil *et al.*, 2004, 2005) ;
- faire une synthèse des données accélérométriques disponibles avec calculs des PGA.

Le CDSA est également intervenu pour les enquêtes macrosismiques en appui du BCSF :

- en proposant des formulaires d'enquêtes adaptés au contexte local (typologie du bâti) ;
- en participant à la mission de terrain du BCSF de fin novembre 2004 ;
- en représentant localement le BCSF auprès des autorités locales pour le déclenchement des enquêtes macrosismiques et la collecte des formulaires.

Ces interventions ont permis de voir quel pouvait être le rôle du CDSA en cas de crise sismique.

### **Le CDSA n'a pas de vocation d'intervention en temps réel :**

- les observatoires de l'IPGP assurent le rôle de l'alerte et de l'information des autorités en cas de crise ;
- le GIS-RAP est l'organisme national centralisateur des données accélérométriques en France et qui fait le premier bilan des observations de mouvements forts enregistrés ;
- le BCSF fait l'évaluation des intensités ressenties.

**Ces organismes peuvent cependant s'appuyer sur les moyens du CDSA pour améliorer leurs interventions d'urgence.**

**Le CDSA joue un rôle de centre régional de ressources et d'information publique grâce à sa base de données et son futur site Internet.** La rédaction de notes de synthèse pour des séismes fortement ressentis sera effectuée comme cela a été le cas pour la crise des Saintes, mais avec des délais d'un à plusieurs mois permettant à la fois de faire le point sur les données recueillies et de fournir une information plus fine. Ces notes ne sont pas des publications de recherche scientifique, mais une validation des données brutes.



## 8. Bibliographie

**AFPS** (2004) - Le Séisme des Saintes (Guadeloupe) du 21 novembre 2004. Rapport de mission AFPS. 80 p.

**Ambraseys N.N., Douglas J., Karma S.K., Smit P.M.** (2005) - Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East : Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Accélération. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 3, p. 1-53.

**BCSF** (2005) - Séisme des Saintes (Guadeloupe) du 21 novembre 2004, note préliminaire. BCSF2005-NP3, 62 p.

**Beauducel F., Bazin S., Bengoubou-Valerius M.** (2004). La loi d'atténuation B-Cube pour l'évaluation des intensités sismiques probables dans l'Archipel de Guadeloupe. Rapport Interne OVSG-IPGP-UAG. Décembre 2004.

**Bernard P., Lambert J.** (1986) - Macrosismicité des Petites Antilles. Compte rendu des effets du séisme du 16 mars 1985 et exploitation des accélérogrammes. Rapport BRGM 86 SGN 003 GEG.

**Bertil D., Bazin S. Mallarino D., Beauducel F.** (2004) - Séisme des Saintes - Rapport de synthèse, Centre de Données Sismologiques des Antilles, 8 décembre 2004.

**Bertil, D., Bazin S. Mallarino D., Beauducel F.** (2005) - Localisation des principales répliques du séisme des Saintes du 21 novembre 2004, Centre de Données Sismologiques des Antilles, 15 avril 2005.

**Bes de Berc S., Bertil D.** (2004) - Interventions de crise suite aux événements climatiques et au séisme du 21 novembre 2004 (Guadeloupe). BRGM/RP-53539-FR.

**Bour M., Fabriol H., Monge O., Sedan O.** (2000) - X<sup>e</sup> CPER Guadeloupe : évaluation des mouvements sismiques locaux à l'échelle régionale (cas du séisme lointain et du comportement linéaire équivalent). Rapport BRGM R40897. 72 p.

**Campbell K.W. and Bozorgnia Y.** (2003) - Updated near-source ground-motion (attenuation) relations for the horizontal and vertical components of peak ground acceleration and acceleration response spectra. *Bulletin of the Seismological Society of America* 92 (3), p. 885-895.

**Feuillet N.** (2000) - Sismotectonique des Petites Antilles. Liaison entre activité sismique et volcanique, thèse, 283 p., Univ. Paris 7, Paris.

**Feuillet N., Manighetti I., Tapponnier P.** (2001) - Extension active perpendiculaire à la subduction dans l'Arc des Petites Antilles (Guadeloupe, Antilles Françaises), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 333, p. 583-590.

**RAP** (2005) - Le séisme des Saintes du 21 novembre 2004. Rap-Info numéro 2, La lettre d'information du réseau accélérométrique permanent.

**Sadigh K., Chang C.Y., Egan J.A., Makdisi F. and Youngs R.R.** (1997) - Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data. *Seismological Research Letters*. **68**(1), p. 180-189.

**Zahibo N., Pelinovsky E., Okal E., Yalçiner A., Kharif C. Talipova T. and Lozelkov A.** (2005) - The earthquake and tsunami of november 21, 2004 at les Saintes, Guadeloupe, Lesser Antilles, *Science of Tsunami Hazards*, 23, 1, p. 25-39. 2005.

## **Annexe 1**

### **Cartes mensuelles de sismicité de l'OVSG**





D'après les communiqués publics mensuels de novembre 2004 à avril 2005 diffusés par l'OVSG.

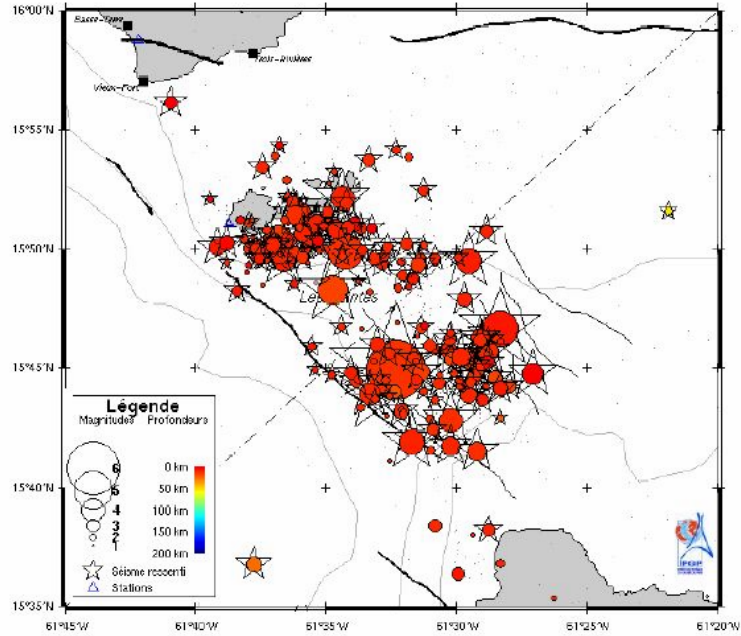


Figure 43 - Principaux séismes 21-30 novembre 2004 (source : OVSG-IPGP).

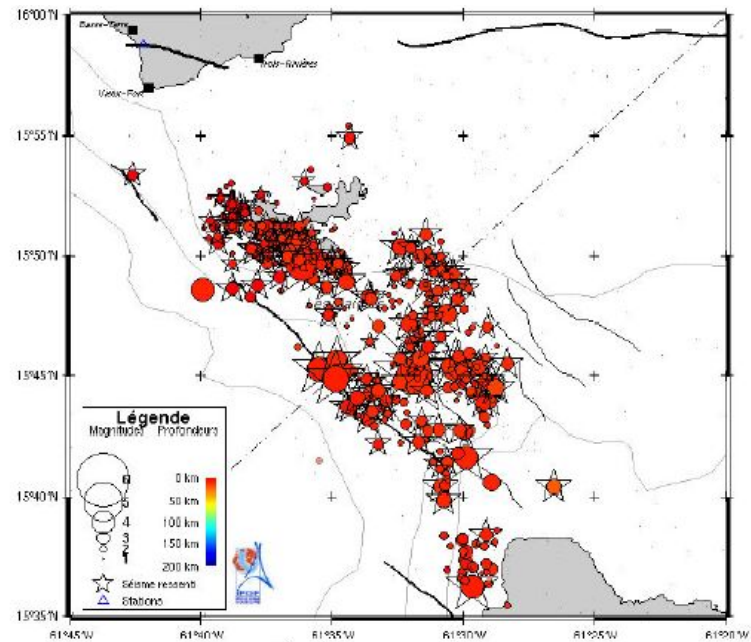


Figure 44 - Principaux séismes de décembre 2004 (source : OVSG-IPGP).

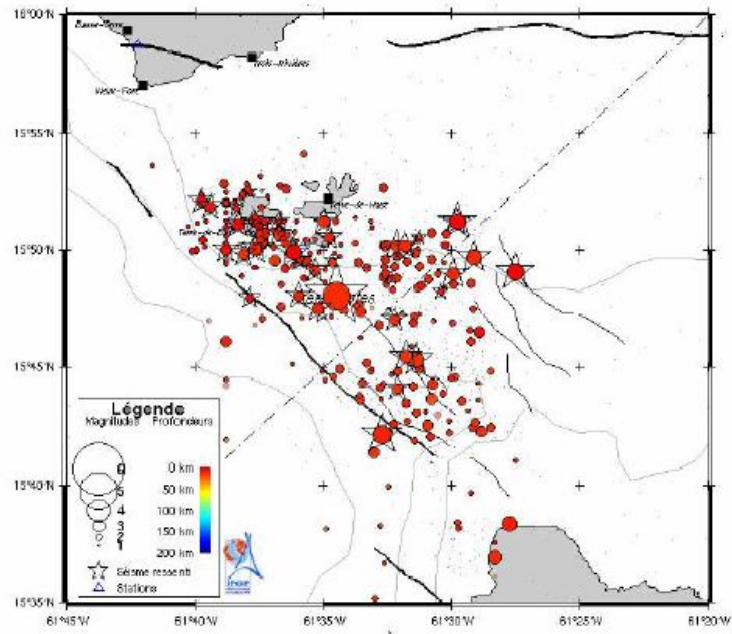


Figure 45 - Principaux séismes de janvier 2005 (source : OVSG-IPGP).

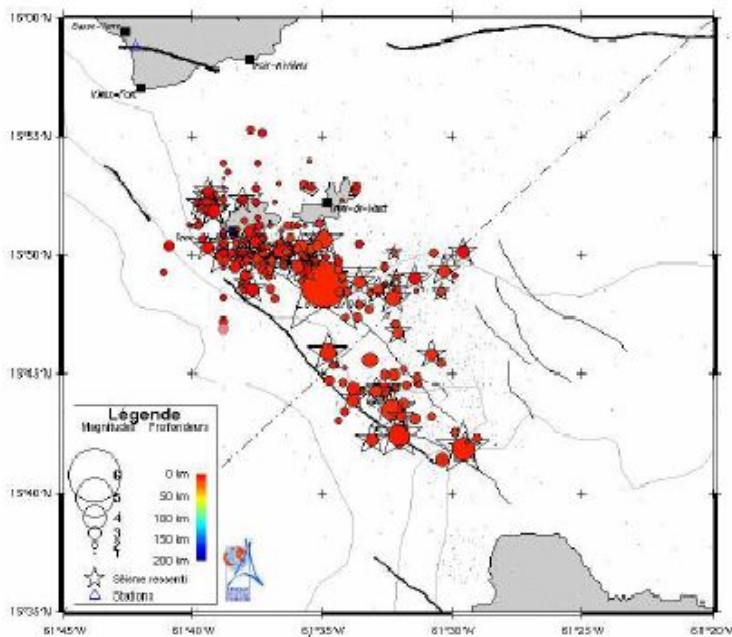


Figure 46 - Principaux séismes de février 2005 (source : OVSG-IPGP).

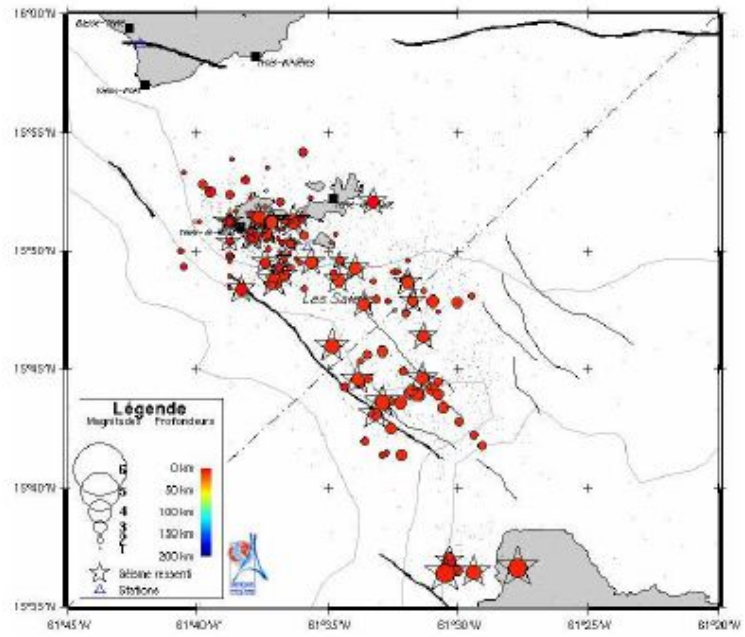


Figure 47 - Principaux séismes de mars 2005 (source : OVSG-IPGP).



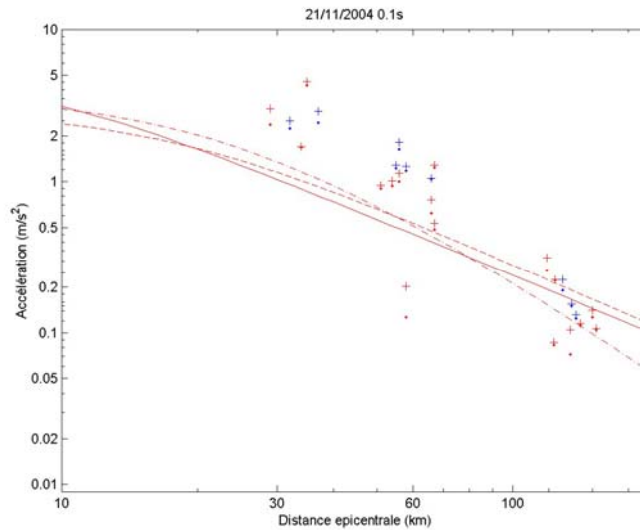
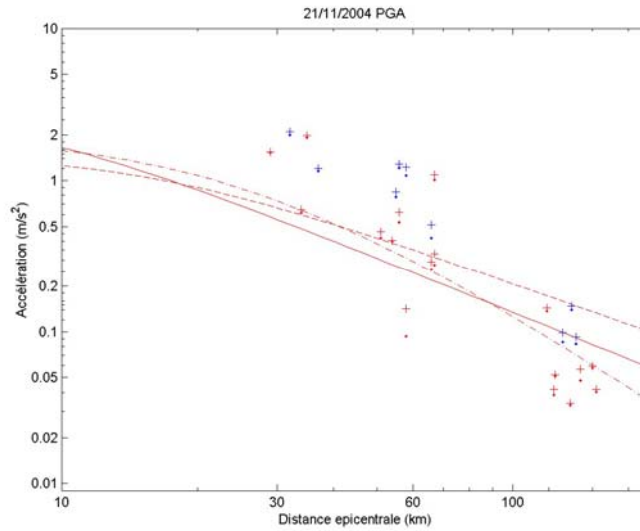
## **Annexe 2**

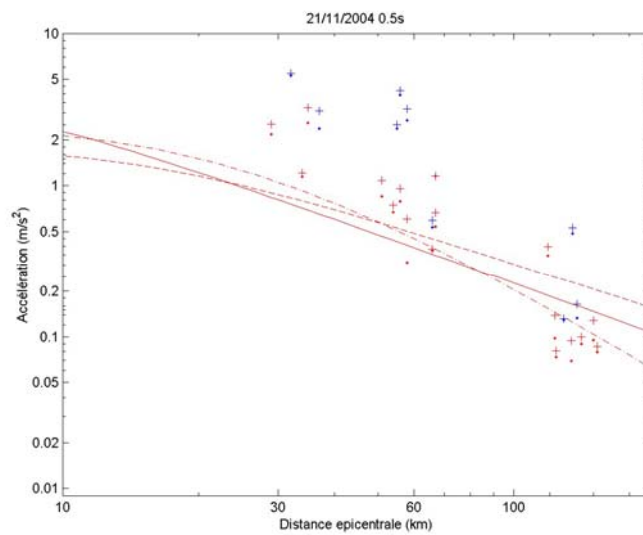
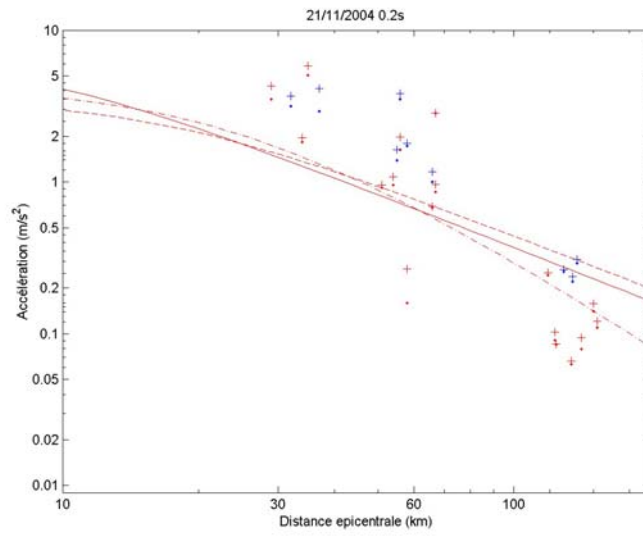
### **PGA et spectres de réponse 21 novembre 2004**



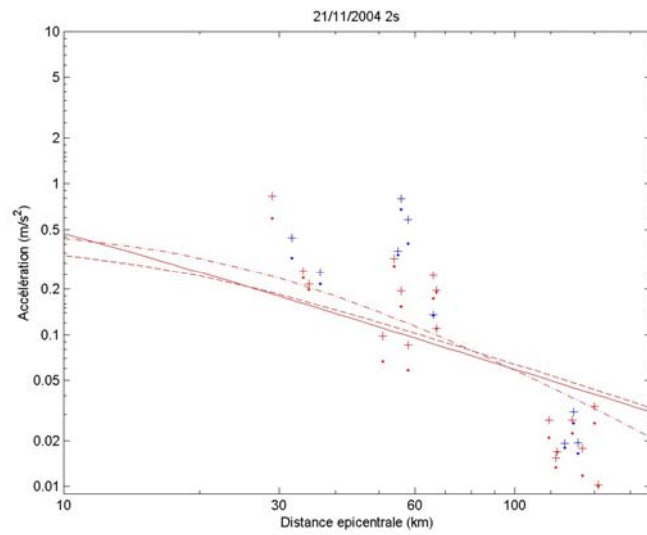
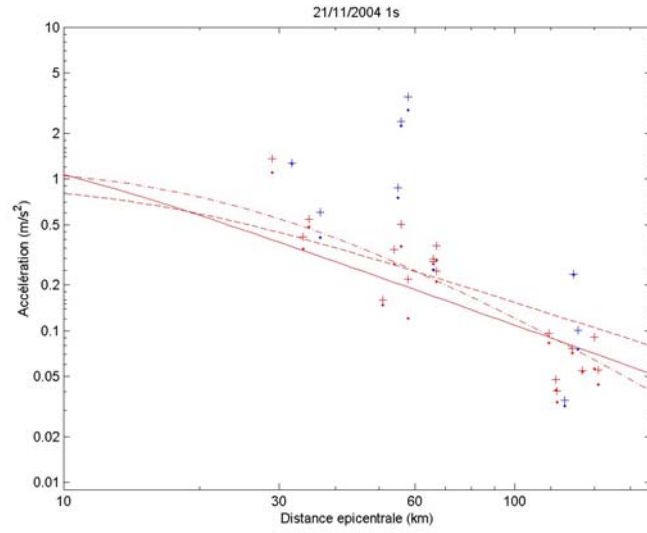
## Comparaisons avec les modèles d'atténuation pour PGA, 0.1 s, 0.2 s, 0.5 s, 1 s et 2 s.

Courbe rouge continue : modèle Ambraseys *et al.* (2005) pour site rocheux - Courbe rouge tiretée : modèle Campbell & Bozorgnia (2003) pour site rocheux - Courbe rouge alternance tirets et points : modèle Sadigh *et al.* (1997) pour site rocheux - Croix rouge : PGA pour sites rocheux - Croix bleue : PGA pour sites avec effet de site (sol ou effet topographique)





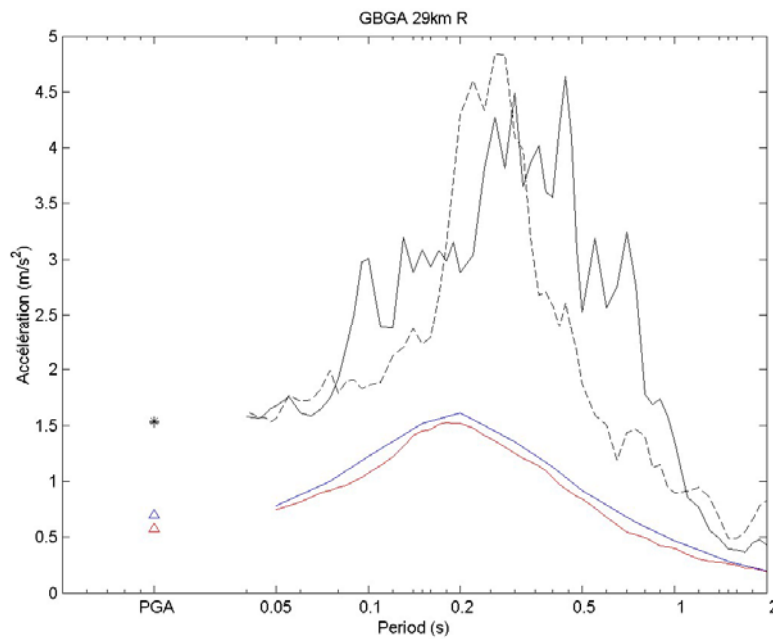




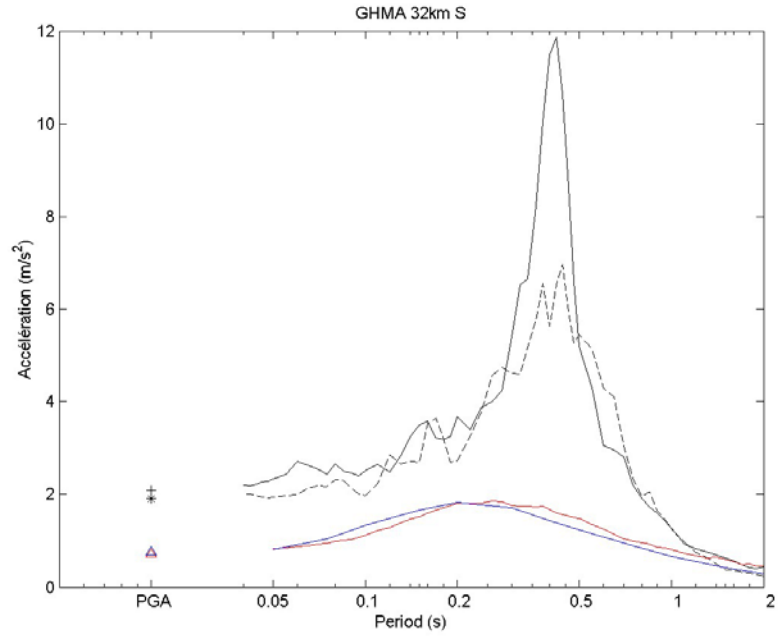
## Spectres de réponse

Les spectres de réponse reproduits ici ont été calculés pour des périodes entre 0,05 s et 2 s pour les deux composantes horizontales du signal (courbe continue = NS, courbe pointillée = EW) et pour un amortissement de 5 %. Les spectres correspondant à la valeur médiane pour des sites au rocher des modèles Ambraseys *et al.* (2005) (courbe rouge) et Campbell & Bozorgnia (2003) (courbe bleue) sont mis à titre de comparaison. Pour chaque station, sont indiqués le code de la station, la distance hypocentrale et les conditions de site connues (rocher, sol...). Les valeurs de PGA observées (croix noires) et calculées au rocher (triangles rouges et bleus) sont reportées sur la partie gauche de chaque graphique.

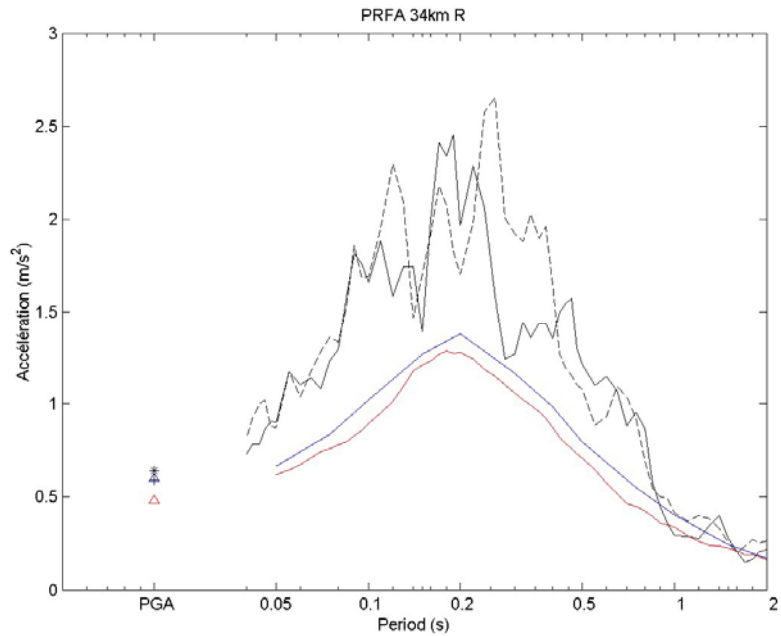
### a) GBGA29 km Rocher



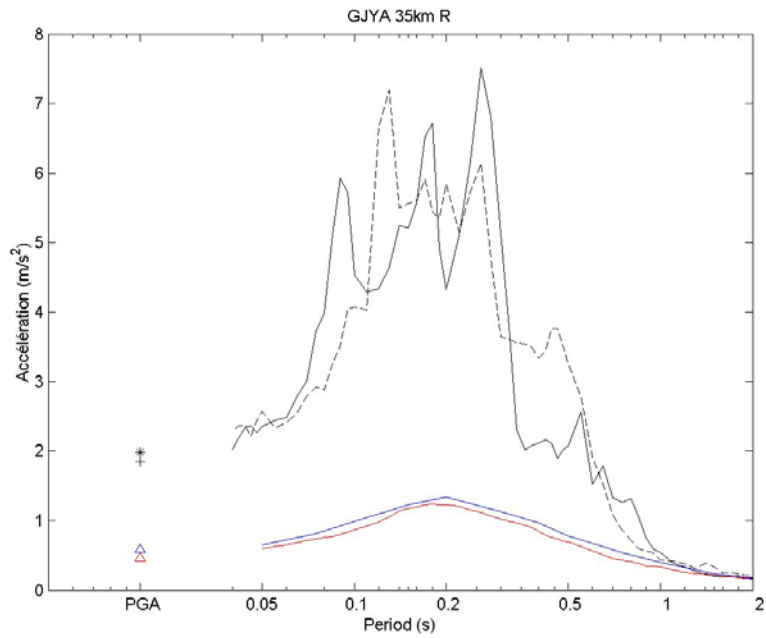
**b) GHMA 32 km Sol**



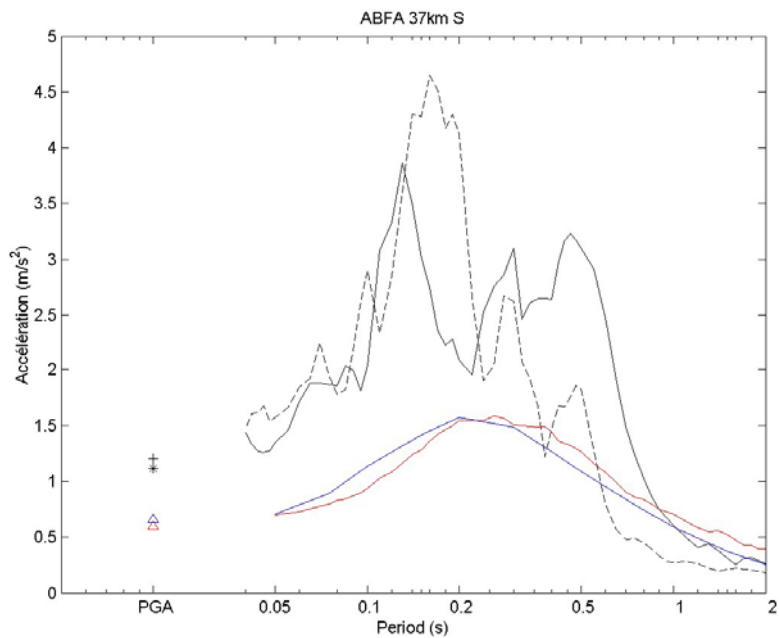
**c) PRFA 34 km Rocher**



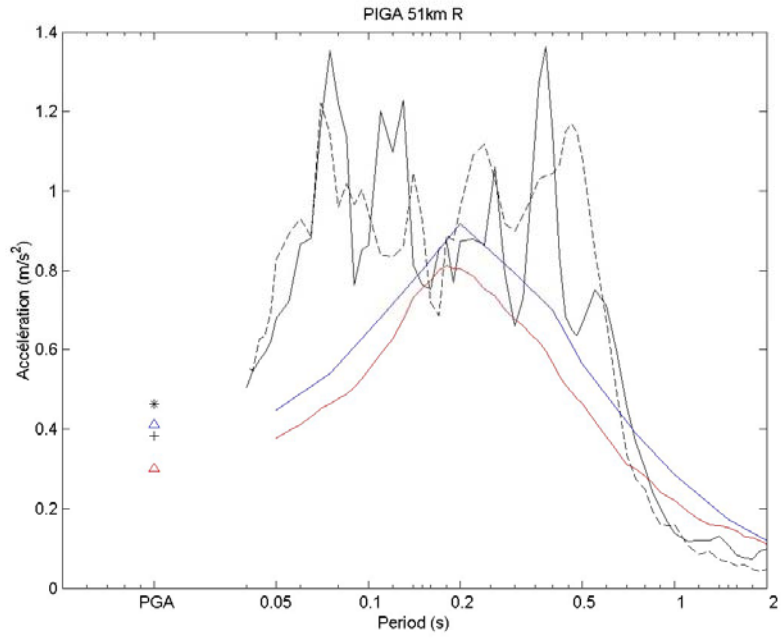
**d) GJYA 35 km Rocher**



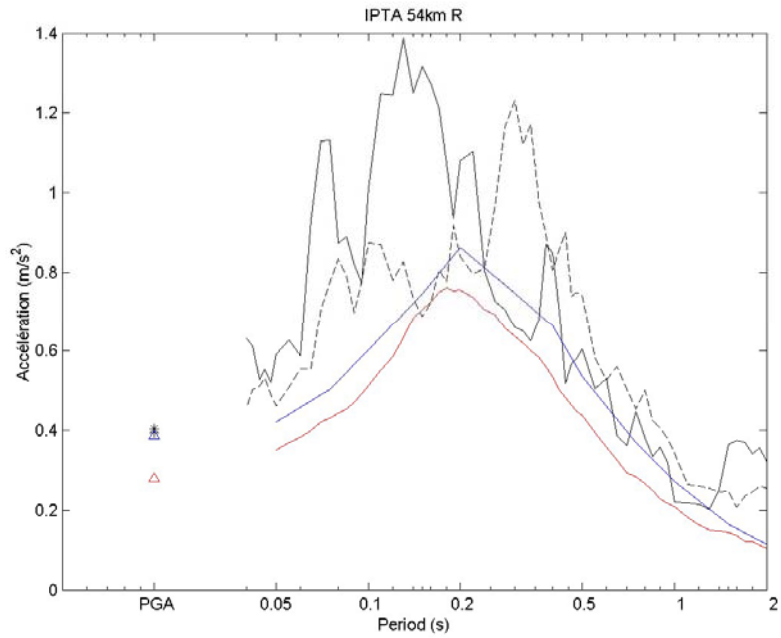
**e) ABFA 37km Sol**



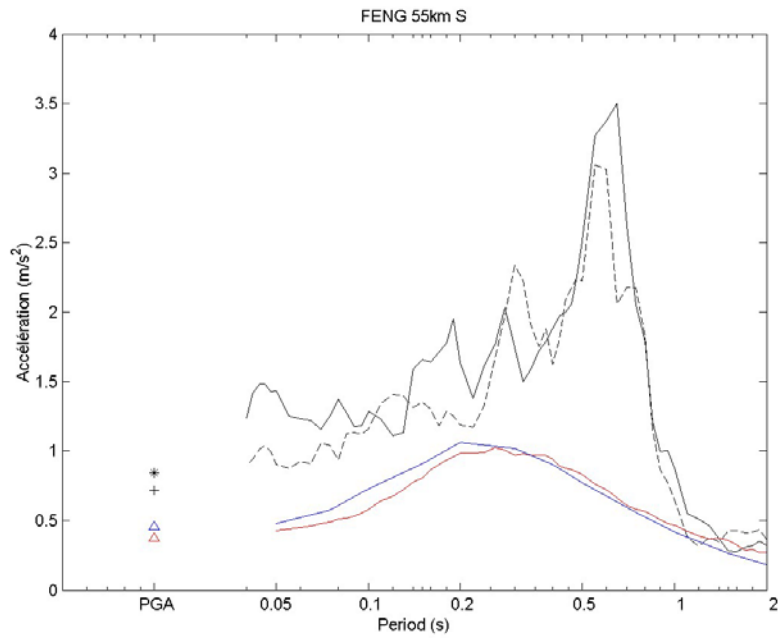
**f) FIGA 51 km Rocher**



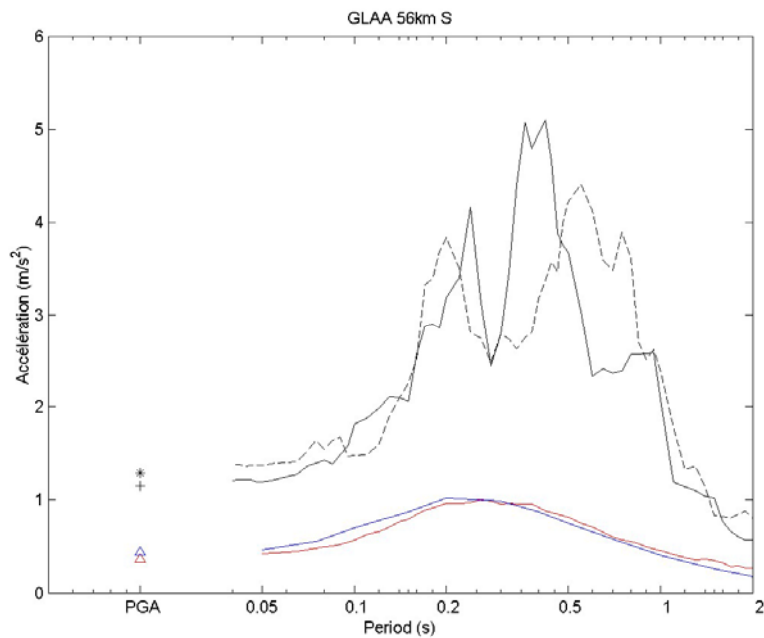
**g) IPTA 54 km Rocher**



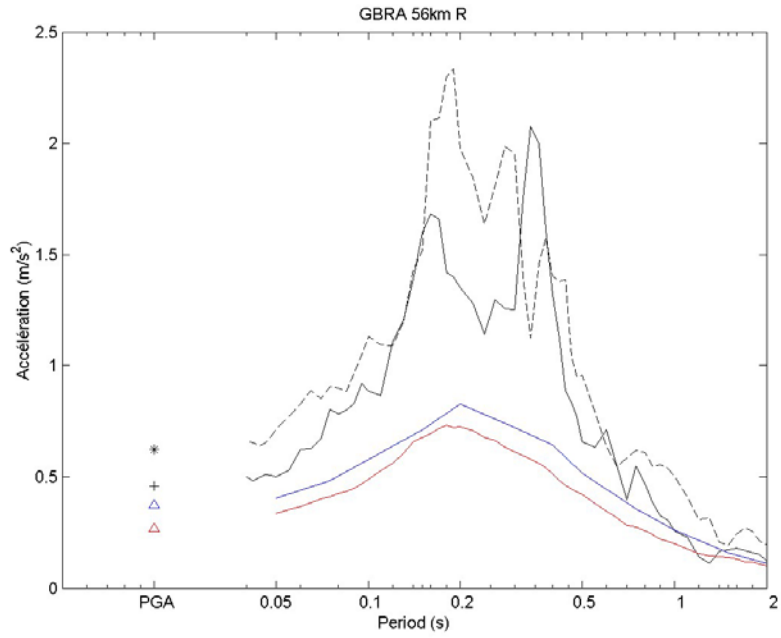
**h) GFEA 55 km Sol**



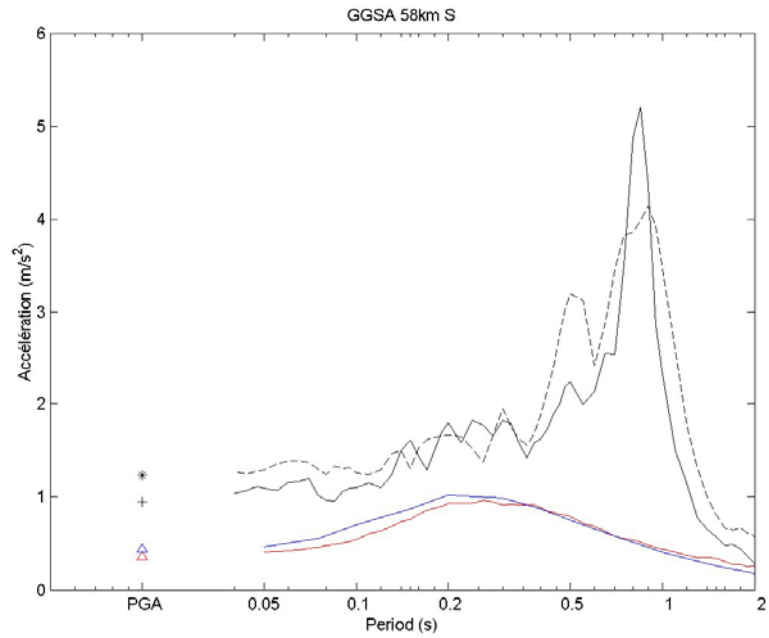
**i) GLAA 56 km Sol**



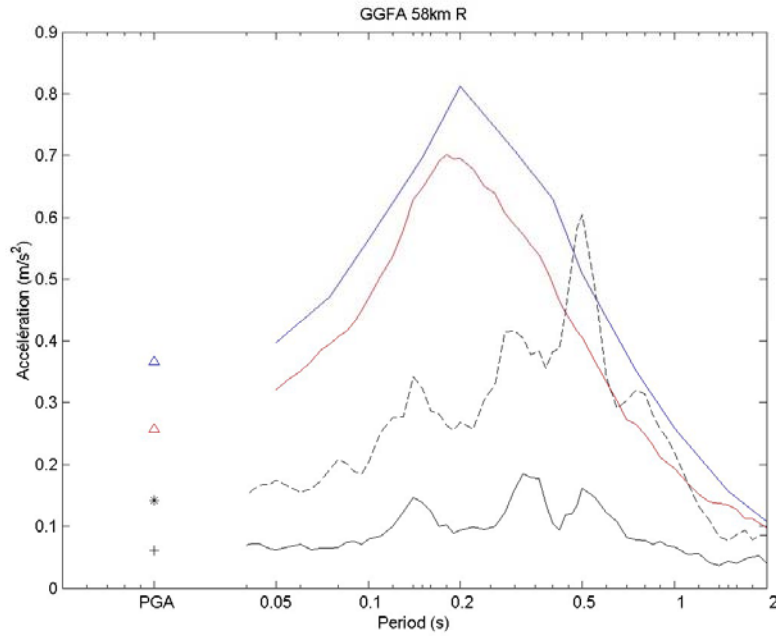
**j) GBRA 56 km Rocher**



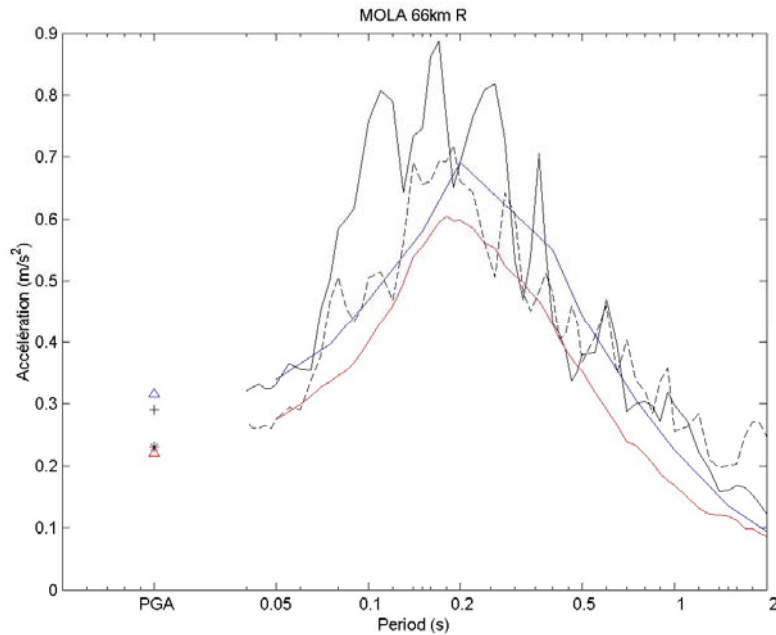
**k) GGSA 58 km Sol**



**I) GGFA 58 km Rocher**

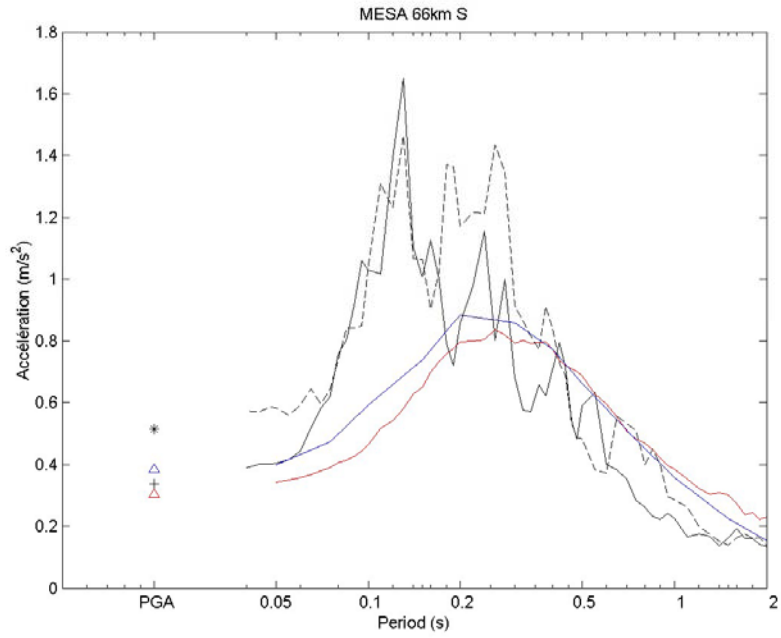


**m) MOLA 61 km Rocher**

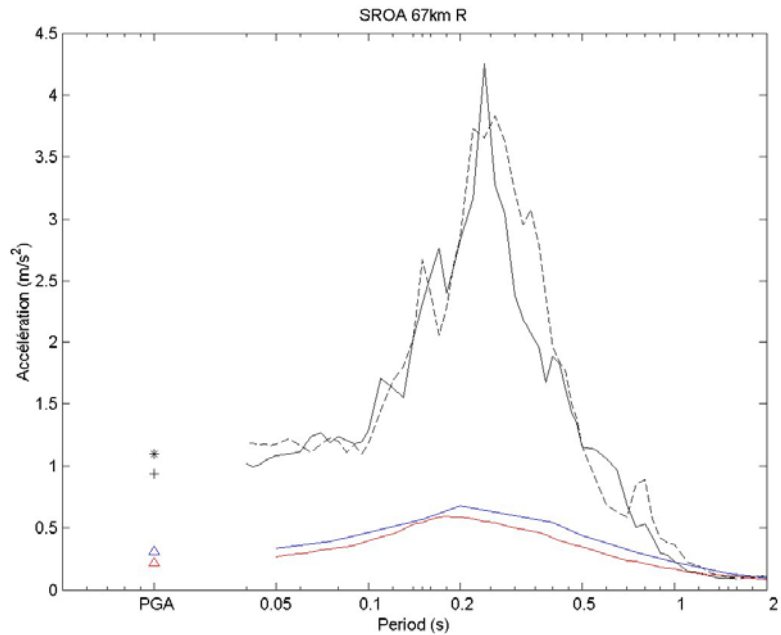




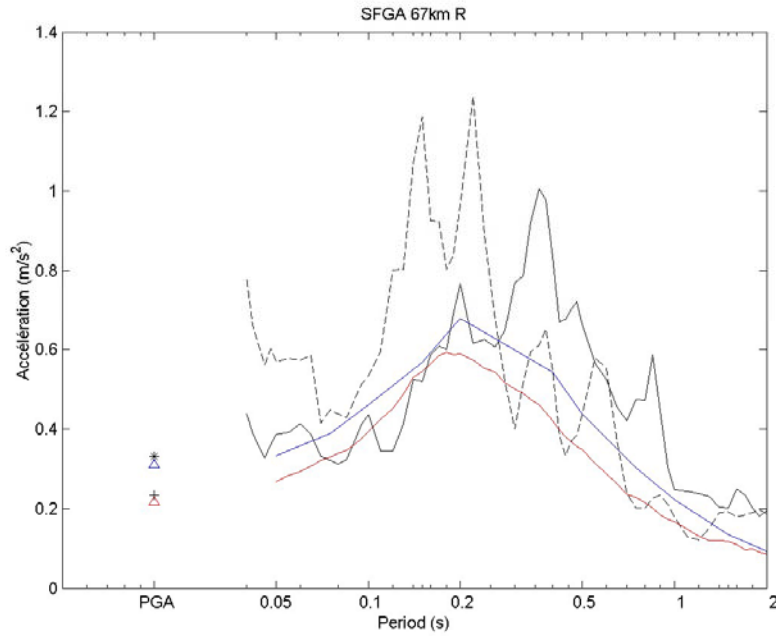
**n) MESA 66 km Sol**



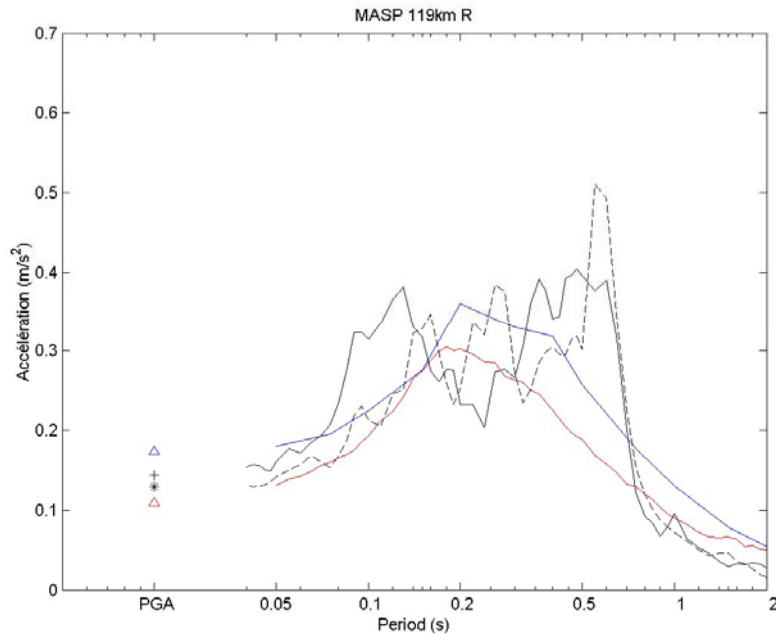
**o) SROA 67 km Rocher**



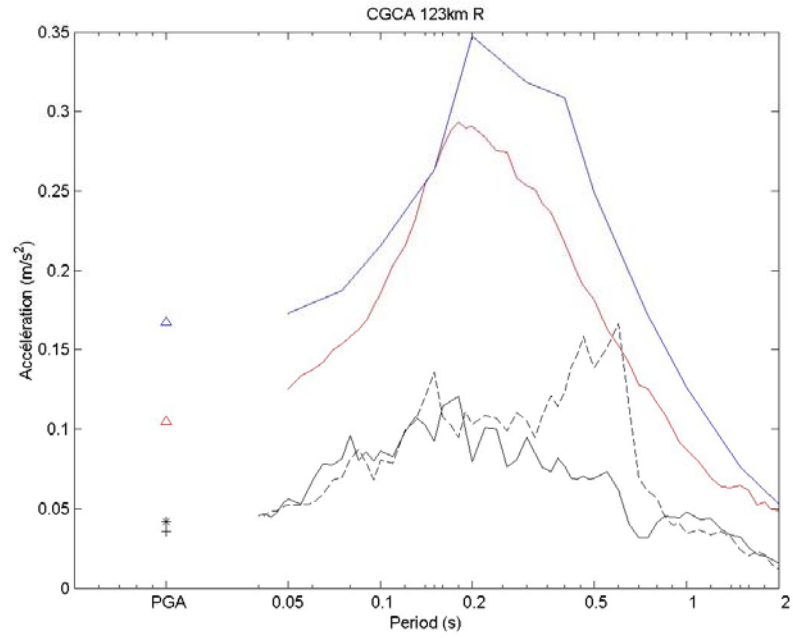
**p) SFGA 67 km Rocher**



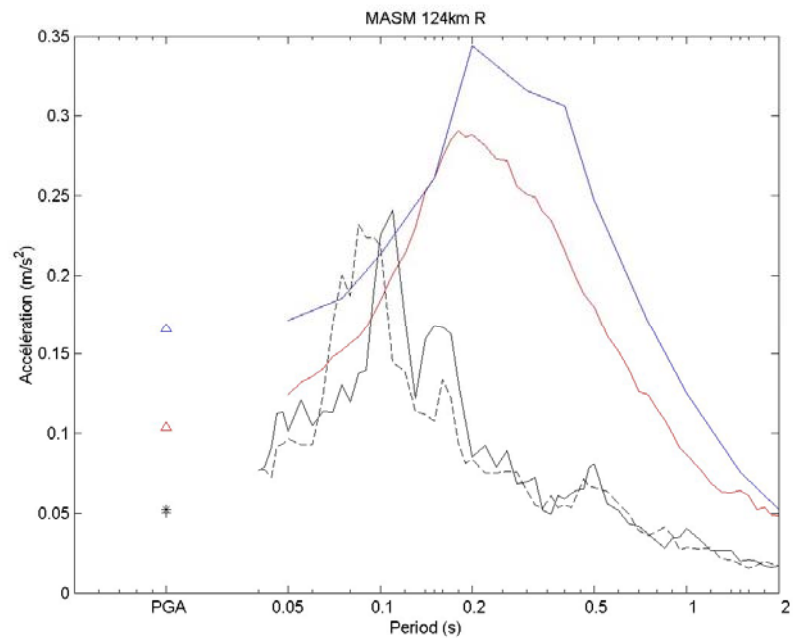
**q) MASP 119 km Rocher**



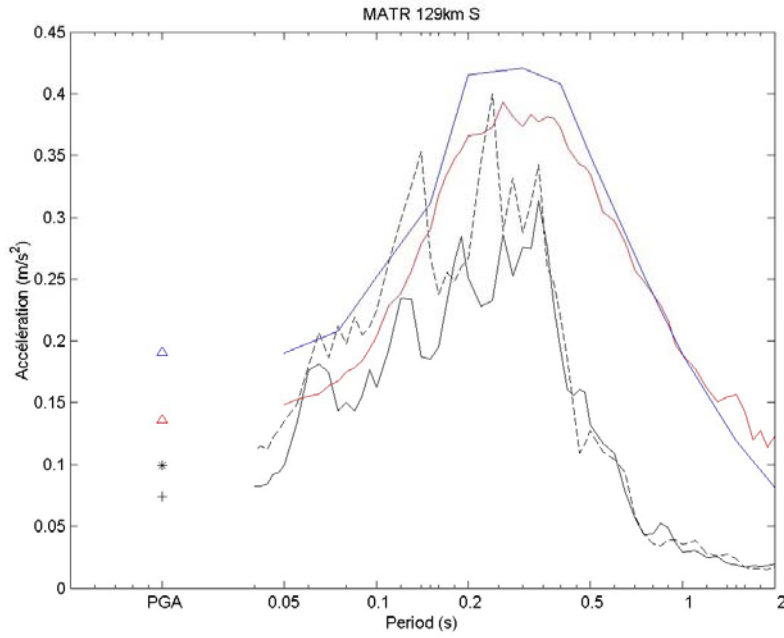
**r) CGCA 123 km Rocher**



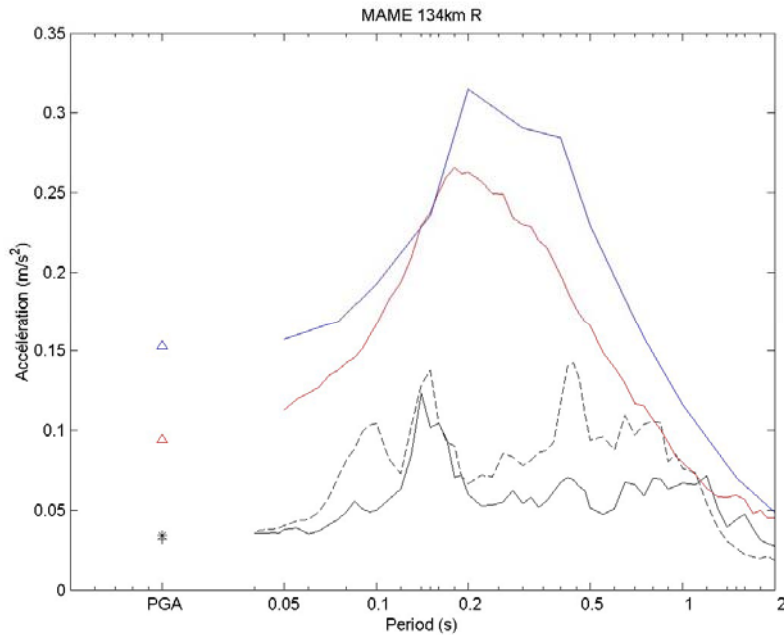
**s) MASM 124 km Rocher**



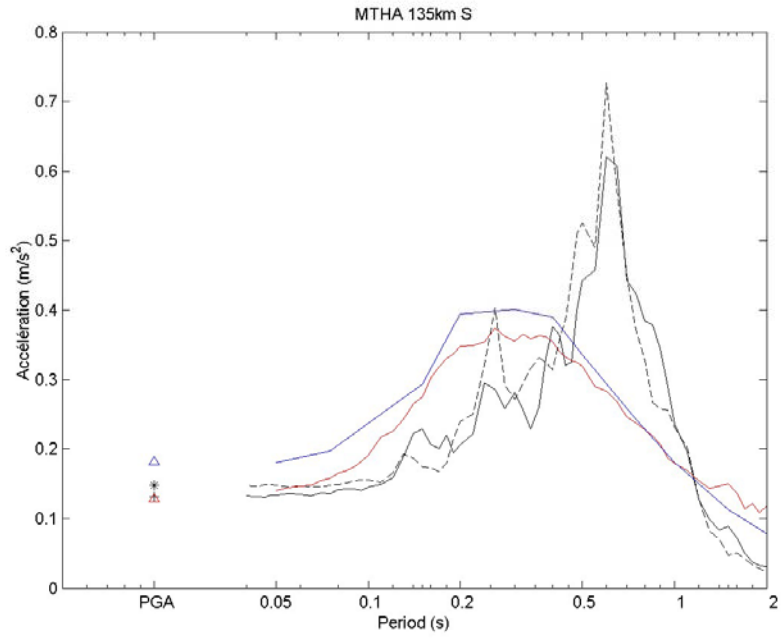
**t) MATR 129 km Sol**



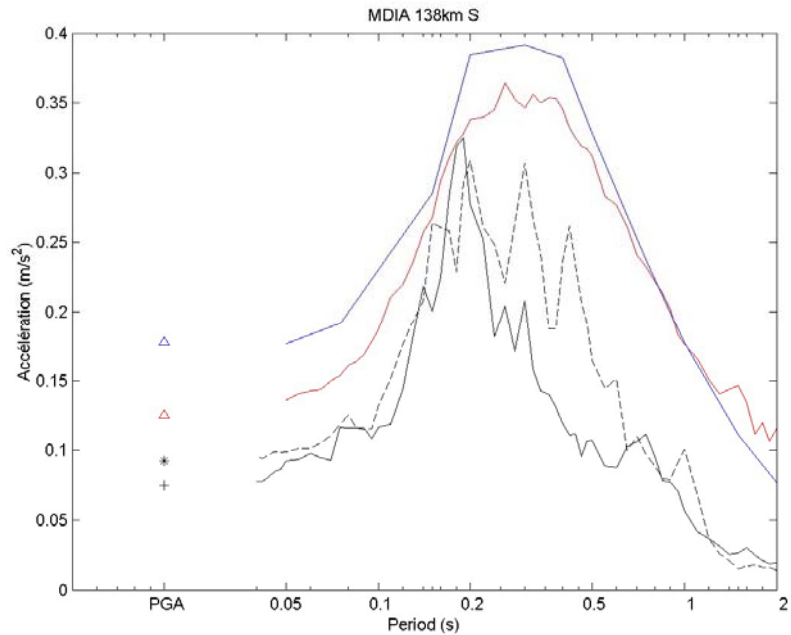
**u) MAME 134 km Rocher**



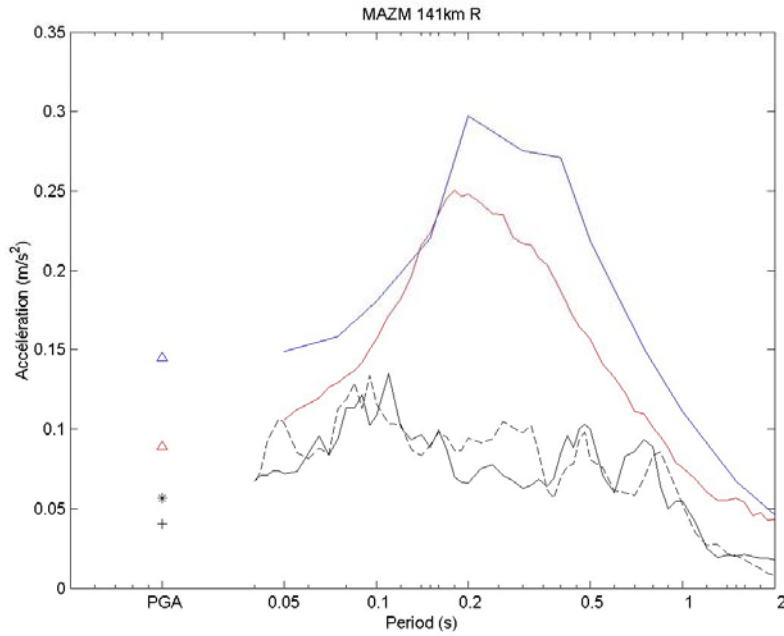
**v) MTHA 135 km Sol**



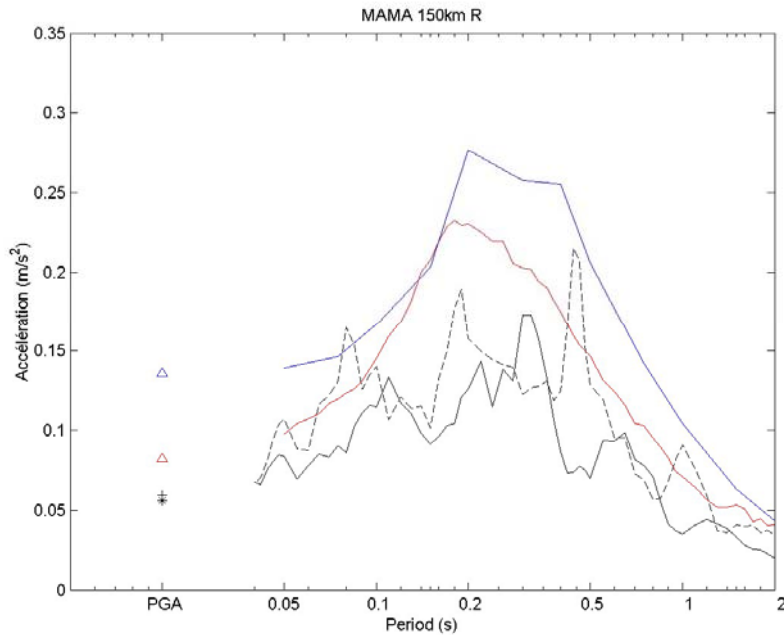
**w) MDIA 138 km Sol**



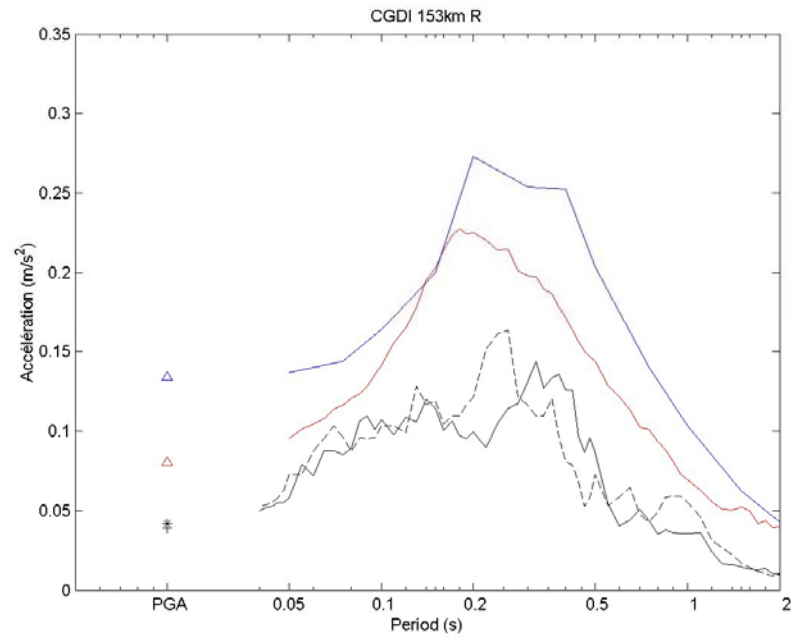
**x) MAZM 141 km Rocher**



**y) MAMA 150 km Rocher**



**z) CGDI 153 km Rocher**







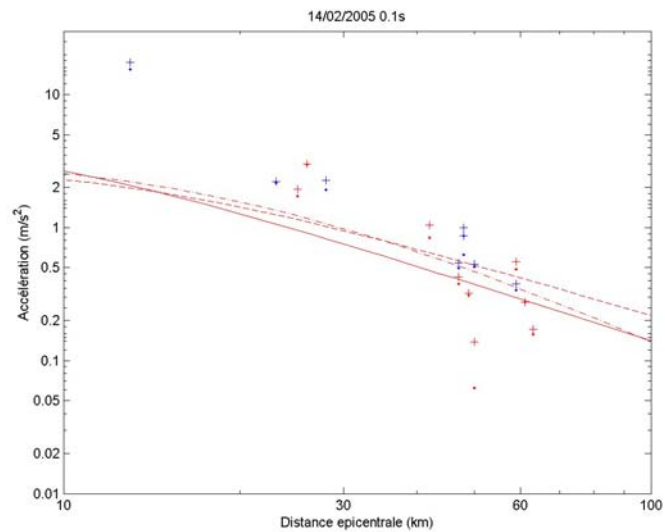
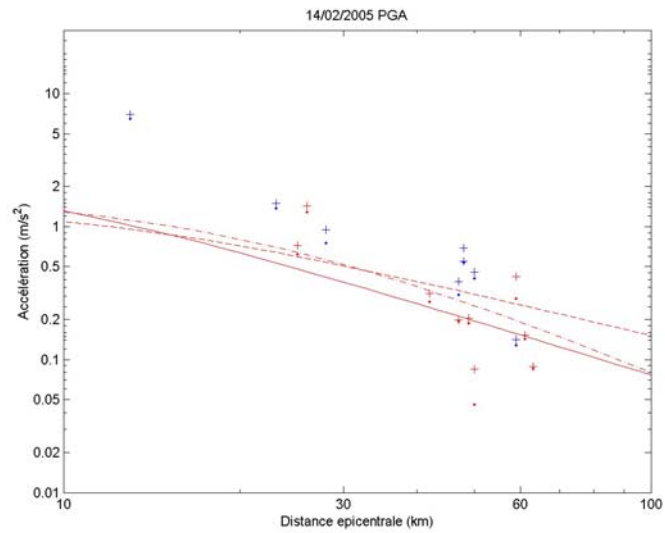
## **Annexe 3**

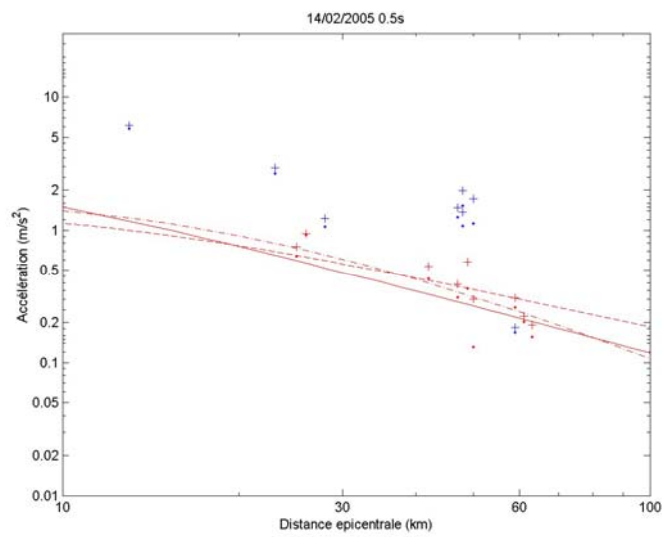
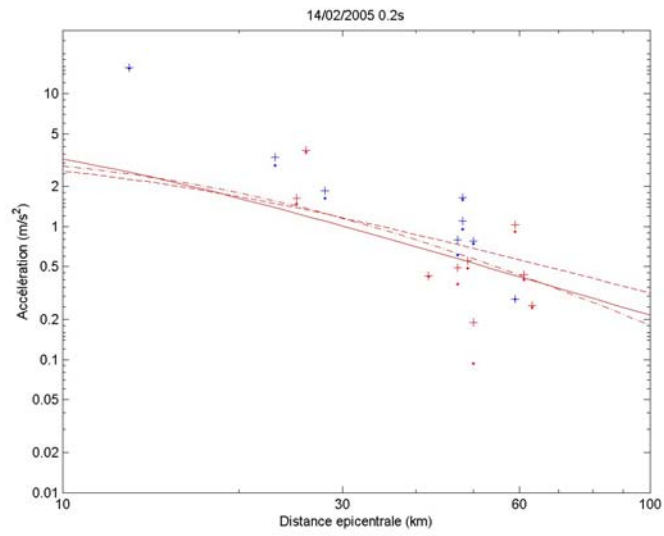
### **PGA et spectres de réponse 14 février 2005**

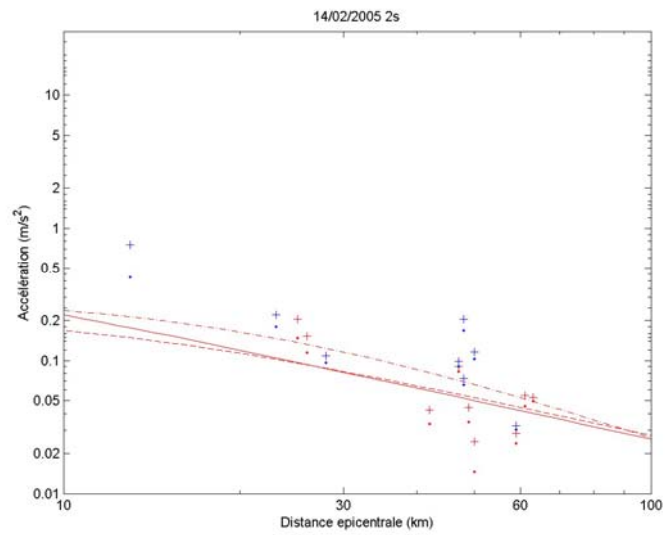
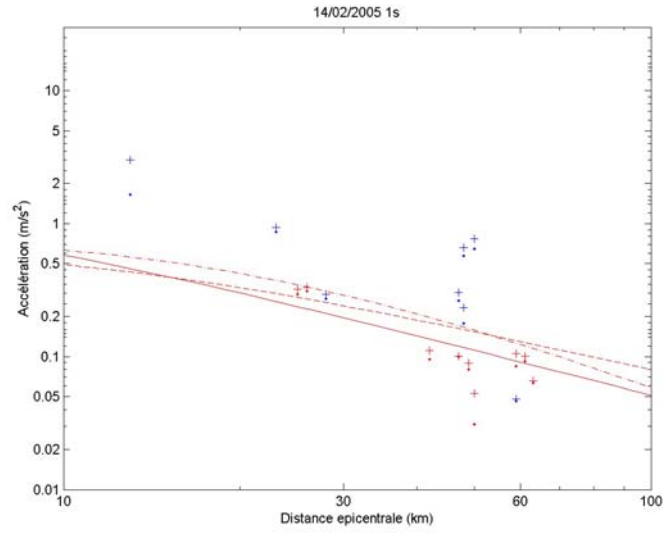


## Comparaisons avec les modèles d'atténuation pour PGA, 0.1 s, 0.2 s, 0.5 s, 1 s et 2 s

Courbe rouge tiretée : modèle Campbell & Bozorgnia (2003) pour site rocheux - Courbe rouge alternance tirets et points : modèle Sadigh *et al.* (1997) pour site rocheux - Croix rouge : PGA pour sites rocheux - Croix bleue : PGA pour sites avec effet de site (sol ou effet topographique).



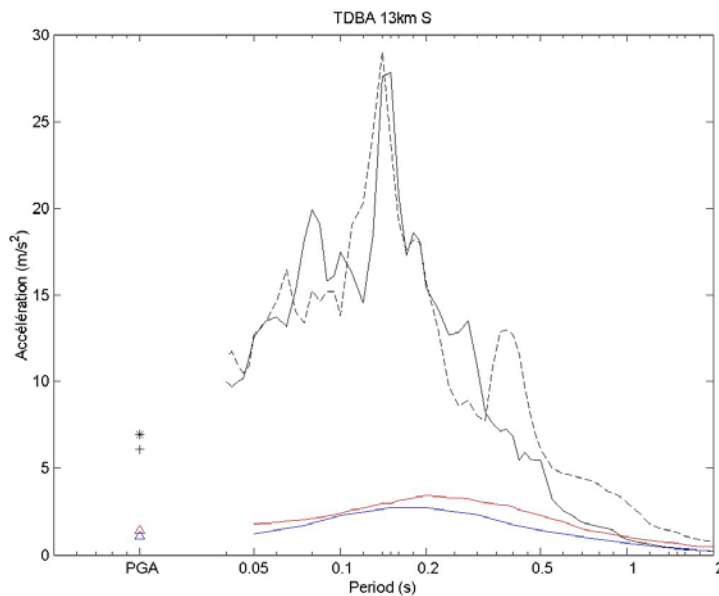




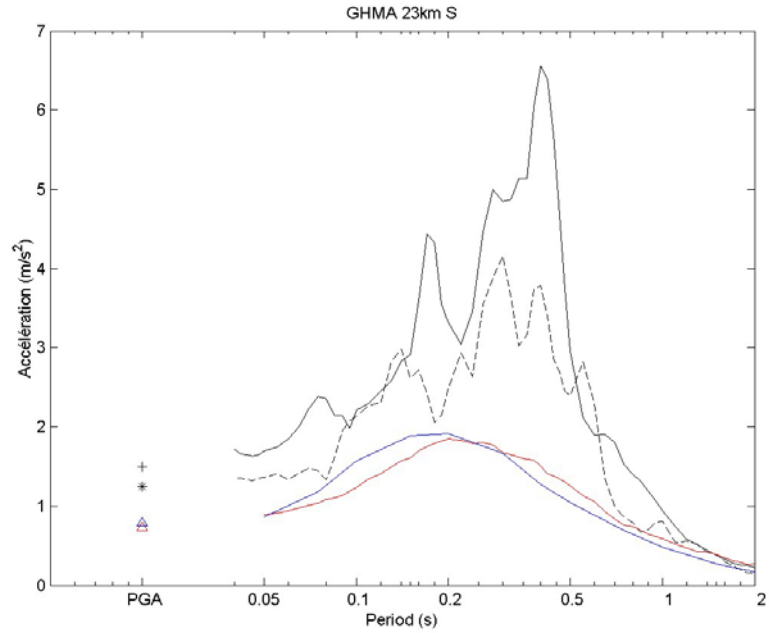
## Spectres de réponse

Les spectres de réponse reproduits ici ont été calculés pour des périodes entre 0,05 s et 2 s pour les deux composantes horizontales du signal (courbe continue = NS, courbe pointillée = EW) et pour un amortissement de 5 %. Les spectres correspondant à la valeur médiane pour des sites au rocher des modèles Ambraseys *et al.* (2005) (courbe rouge) et Campbell & Bozorgnia (2003) (courbe bleue) sont mis à titre de comparaison. Pour chaque station, sont indiqués le code de la station, la distance hypocentrale et les conditions de site connues (rocher, sol...). Les valeurs de PGA observées (croix noires) et calculées au rocher (triangles rouges et bleus) sont reportées sur la partie gauche de chaque graphique.

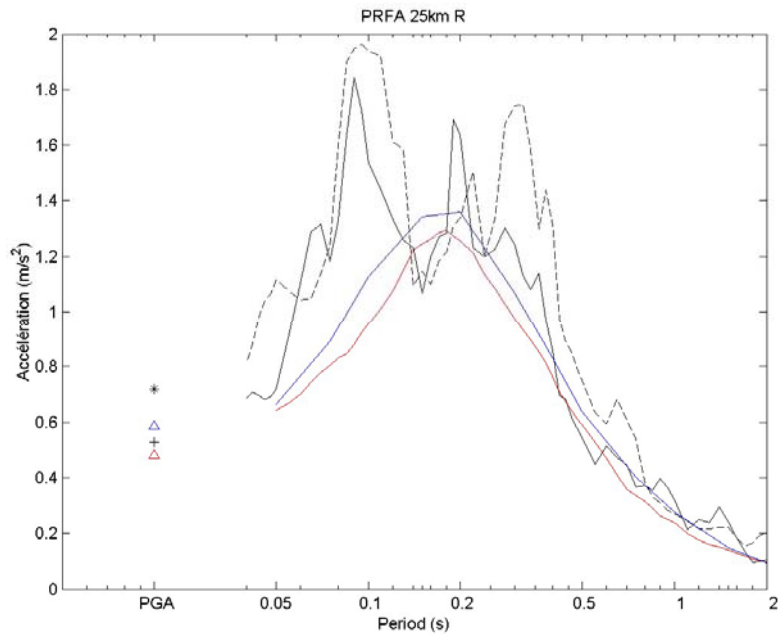
### a) TDBA 13 km Sol



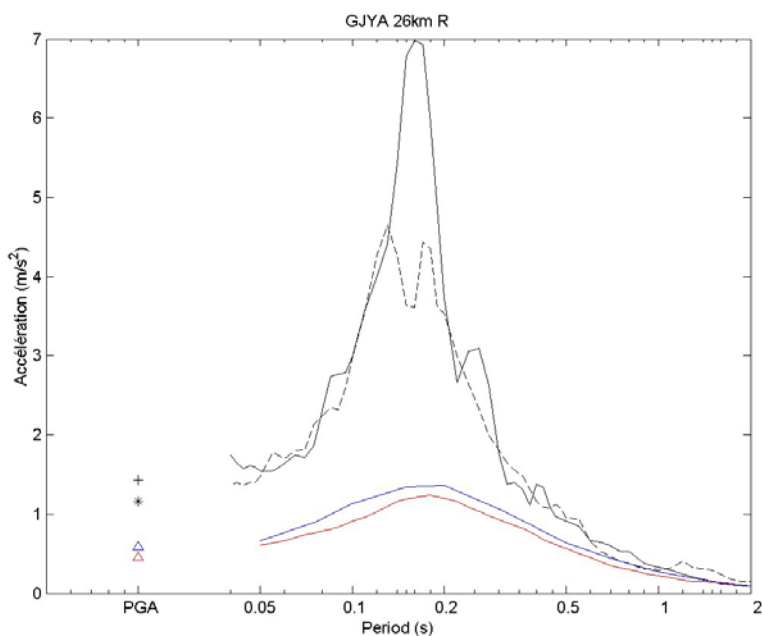
**b) GHMA 23 km Sol**



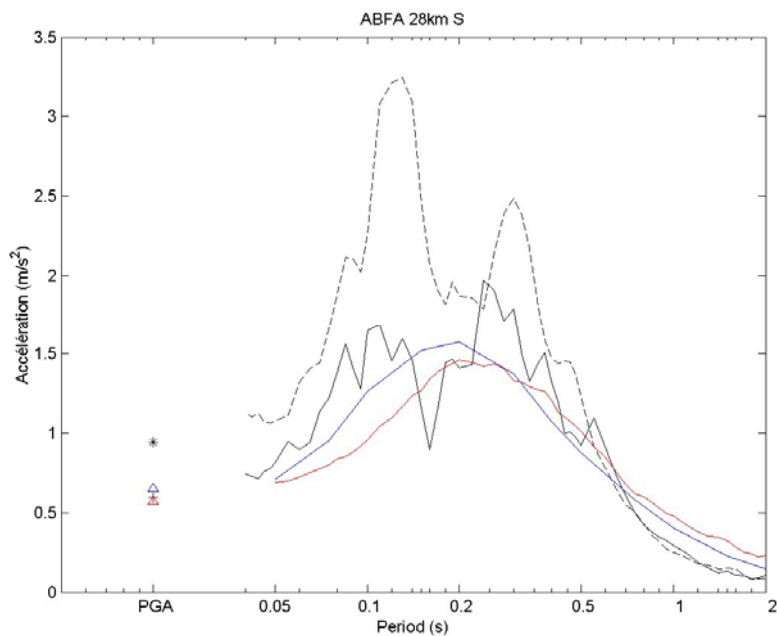
**c) PRFA 25 km Rocher**



**d) GJYA 26 km Rocher**

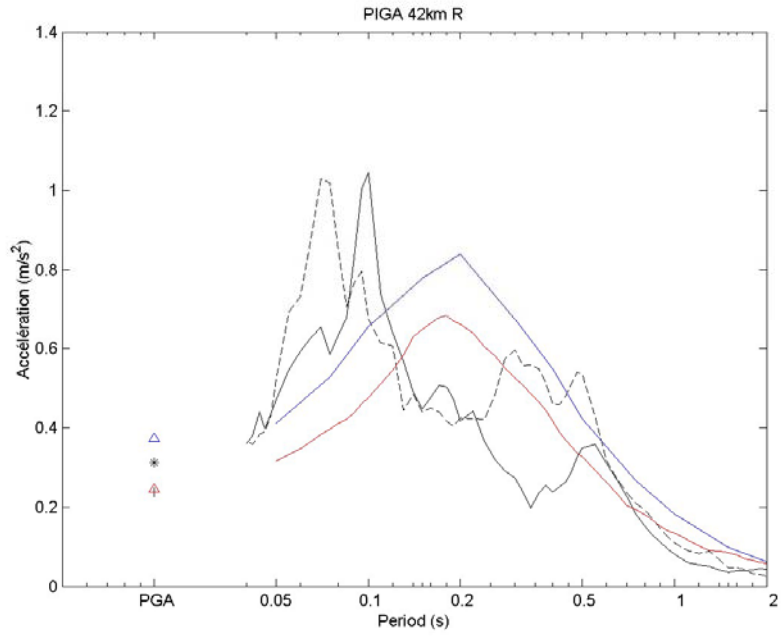


**e) ABFA 28 km Sol**

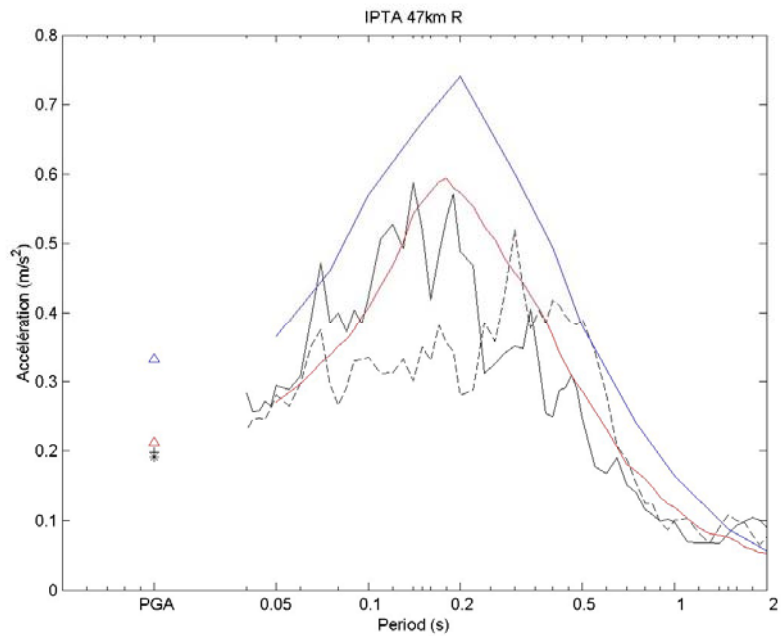




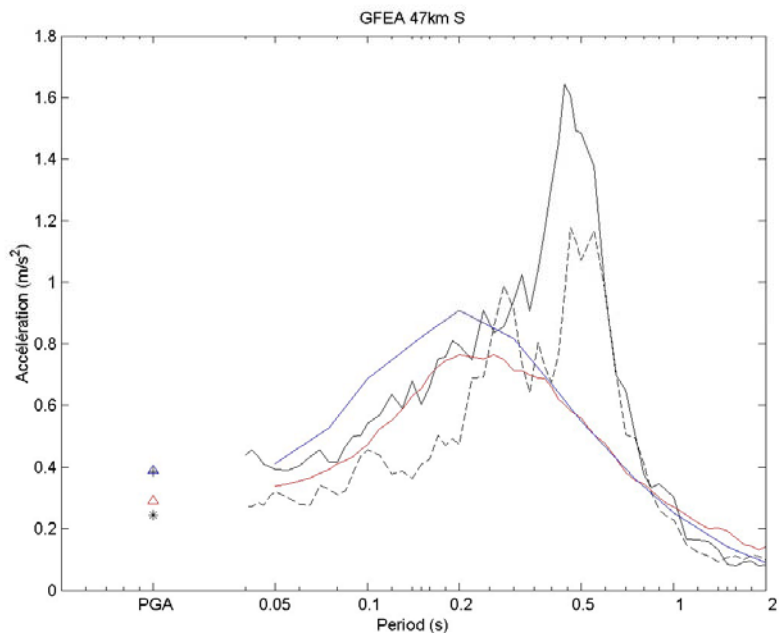
**f) FIGA 42 km Rocher**



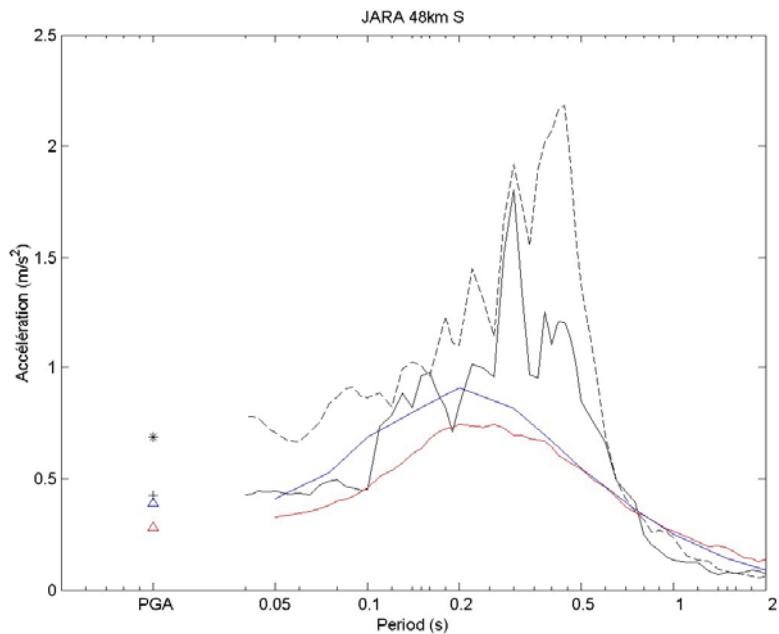
**g) IPTA 47 km Rocher**



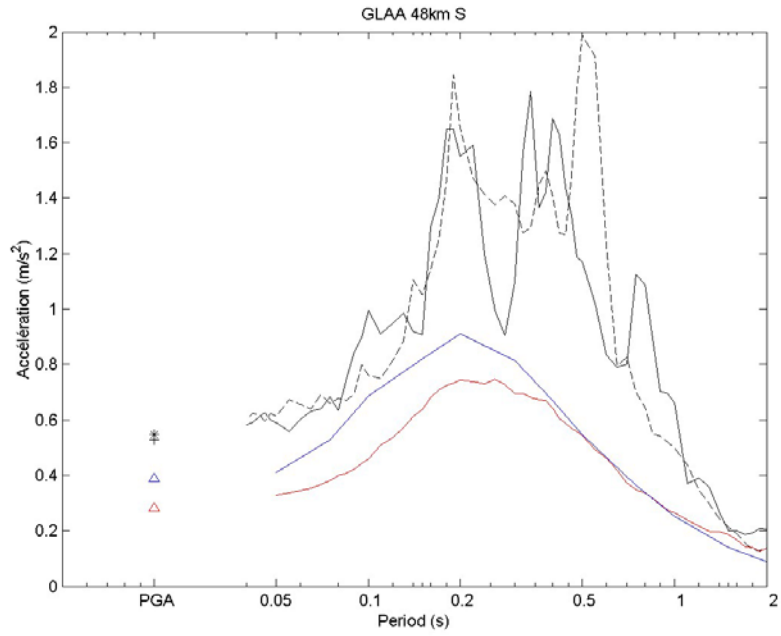
**h) GFEA 47 km Sol**



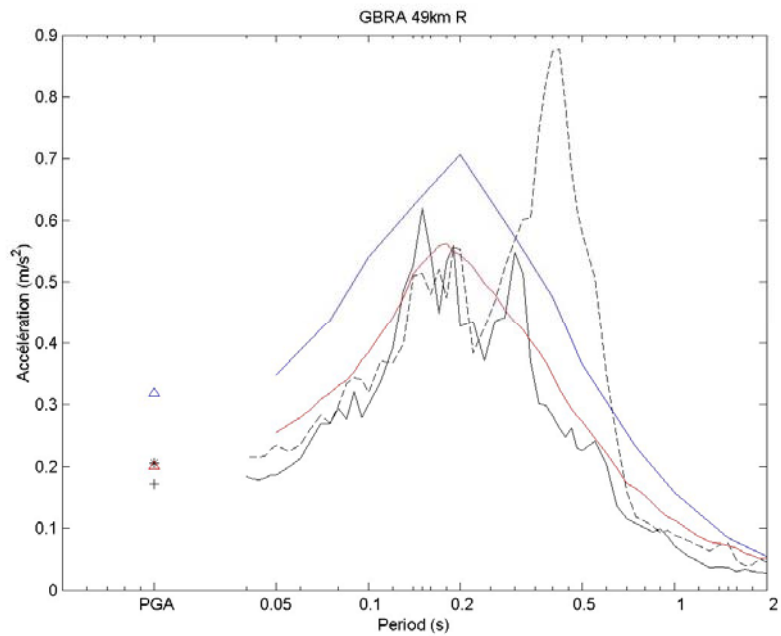
**i) JARA 48 km Sol**



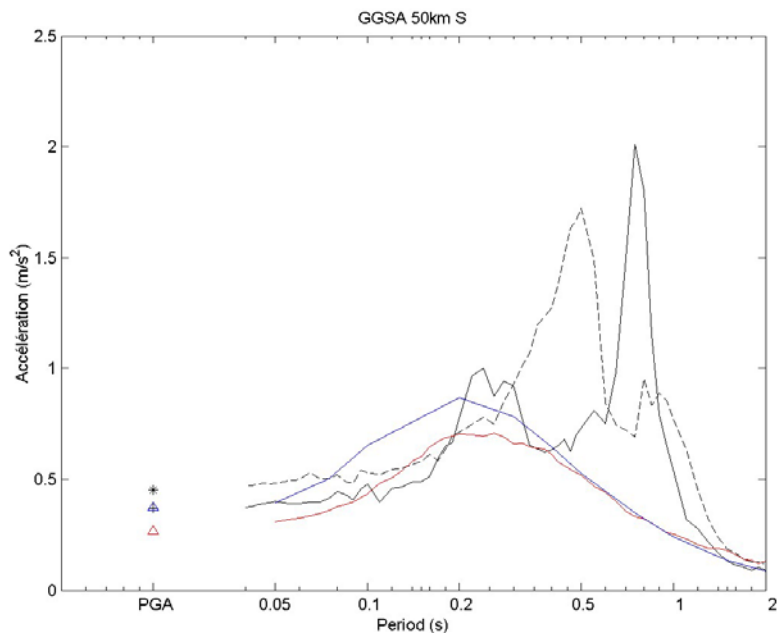
**j) GLAA 48 km Sol**



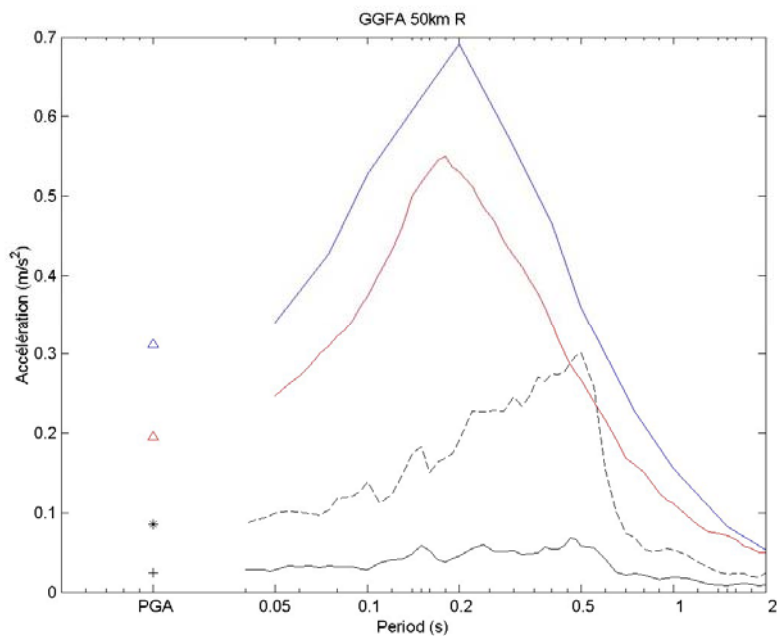
**k) GBRA 49 km Rocher**



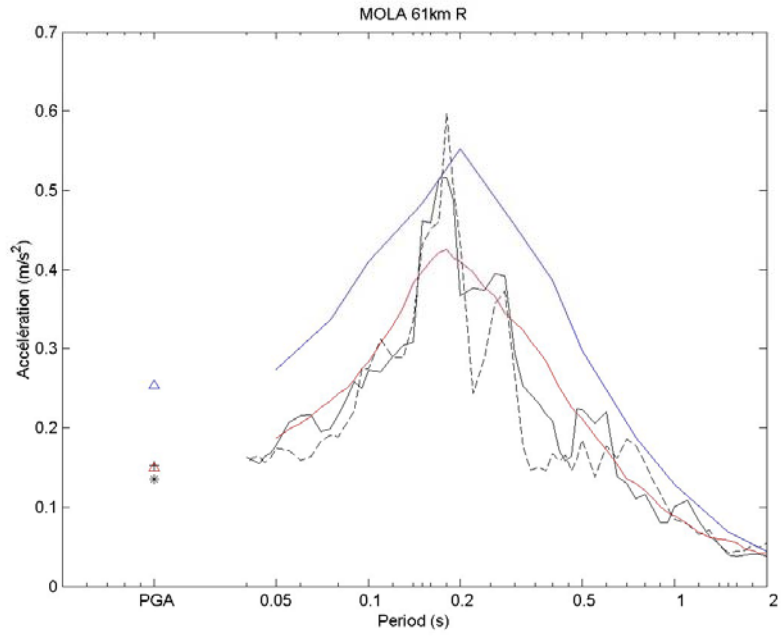
**I) GGSA 50 km Sol**



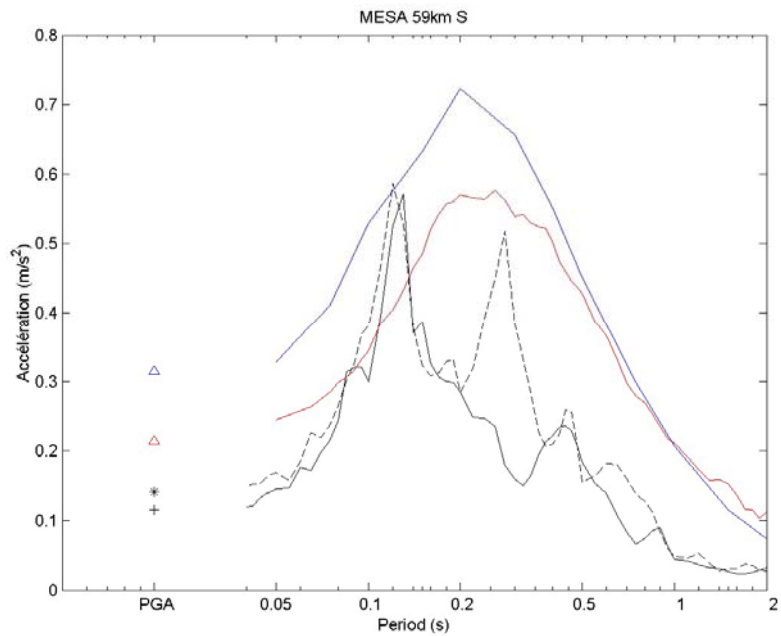
**m) GGFA 50 km Rocher**



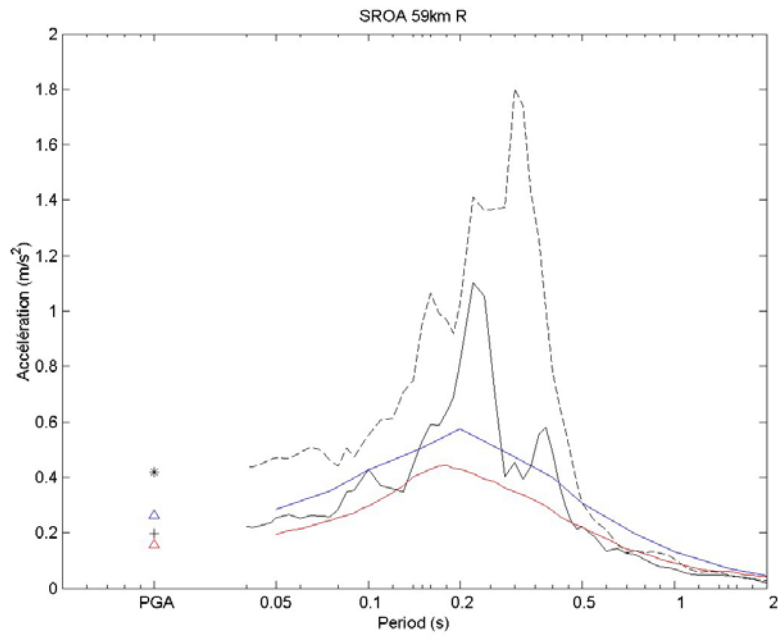
**n) MOLA 61 km Rocher**



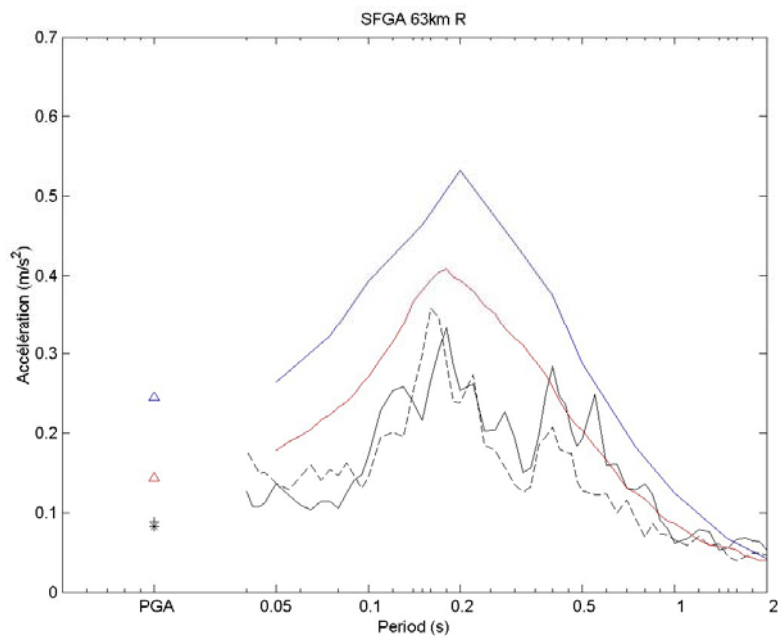
**o) MESA 59 km Sol**



**p) SROA 59 km Rocher**



**q) SFGA 63 km Rocher**



## **Annexe 4**

### **Visites de communes pour l'enquête macrosismique du BCSF**





## Terre-de-Haut

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 26/11/2004
Intensité VIII	Distance épacentrale : 15 km

Nous avons eu un entretien avec le Maire et visité certains sites accompagnés d'un employé municipal.

Les dommages sont disséminés sur l'ensemble de l'île, avec des dégâts graves sur certains bâtiments du centre bourg (école municipale, clocher de l'église) et sur des maisons situées au-dessus du Pain de Sucre. On notera une concentration de dégâts importants sur ce secteur du Pain de Sucre.



Figure 48 - Terre de Haut : dommages sur l'école communale du bourg.



Figure 49 - Terre de Haut : dommages dans les salles de classe de l'école.



Figure 50 - Terre de Haut : exemple de dommages sur des maisons du Bourg.



Figure 51 - Terre de Haut : dommages graves sur des maisons au-dessus du Pain de Sucre.



Figure 52 - Terre de Haut : dommages graves sur des maisons au-dessus du Pain de Sucre.

## Terre-de-Bas

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 26/11/2004
Intensité VIII	Distance épicerale : 20 km

Il ne nous a malheureusement pas été possible, faute de temps, de visiter le bourg de Grande Anse. D'après les dommages que nous avons pu voir sur le débarcadère et sur une centaine de mètres le long de la route, les dommages sont modérés, essentiellement sous forme de fissures dans la structure non porteuse. Un témoin nous a dit que sur Grande Anse, ce type de dégât est généralisé, mais que plusieurs maisons n'ont souffert d'aucun dommage.

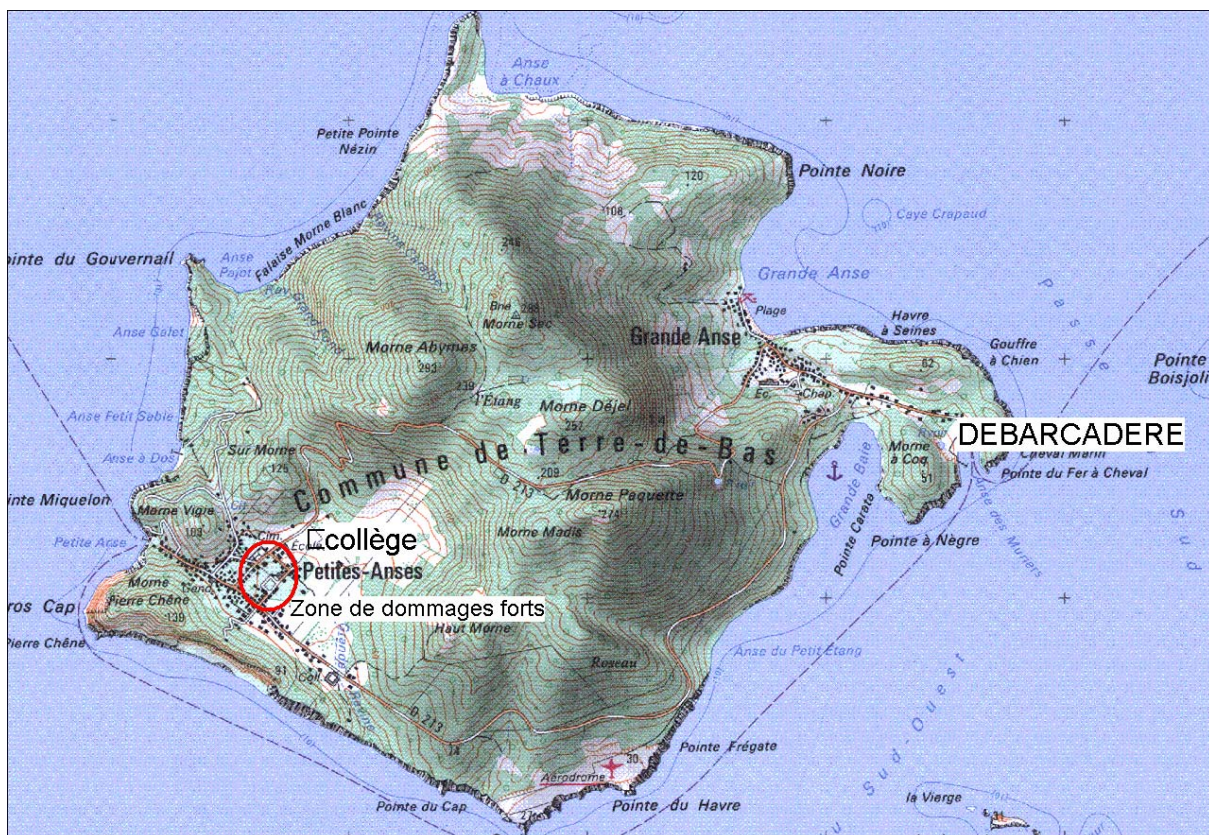


Figure 53 - Terre de Bas : carte de position de la zone la plus touchée.

Sur Petites Anses, la zone endommagée est relativement restreinte (essentiellement sur un carré entre la mairie, le dispensaire, l'église et la caserne de pompiers). Sur cette zone, les dommages sont graves et vont jusqu'à l'effondrement de murs. Aucun effondrement total n'est à déplorer. En dehors de cette zone, les dommages sont essentiellement mineurs. De l'extérieur (la situation ne nous a pas permis de pénétrer dans les maisons individuelles), les habitations n'ont souffert que de dommages légers. Des habitations très vulnérables sur des poteaux élancés n'ont souffert d'aucun dommage visible de l'extérieur.



*Figure 54 - Terre de Bas : fissures sur une maison à proximité du débarcadère.*



La construction est récente et construite selon les normes PS69 (source : P. Ballandier).

*Figure 55 - Terre de Bas : fissures au collège de Petites Anses.*



Figure 56 - Terre de Bas : dommages sur la structure à l'école maternelle.



Figure 57 - Terre de Bas : dommages sur le clocher et le fronton de l'église.



Les deux photos sont les vues de devant et de derrière de la même partie de l'église.

*Figure 58 - Terre de Bas : dommages sur la partie latérale de l'église.*



Bâtiment en maçonnerie brute, sans chaînage.

*Figure 59 - Terre de Bas : effondrement d'un mur du foyer du 3<sup>e</sup> âge.*



Noter la désolidarisation de l'escalier.

*Figure 60 - Terre de Bas : dommages sur l'hôtel de Petites-Anses.*



*Figure 61 - Terre de Bas : dommages sur la mairie.*





Figure 62 - Terre de Bas : dommages à plusieurs maisons individuelles.



Figure 63 - Terre de Bas : deux maisons individuelles à proximité de la zone la plus affectée et qui n'ont subi aucun dégât apparent extérieurement.

### Grand-Bourg - Marie-Galante

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 27/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 21 km

Nous avons rencontré le directeur général des services, puis le maire et la responsable de l'Urbanisme. Suite à la mission d'urgence, la mairie, l'église, le collège, l'ancien tribunal et l'ancien hôpital sont déclarés inutilisables (classés rouge). Sur la Mairie, les tours surplombant la rue ont subi des dommages importants qui rendent la structure fragile. Le corps de la mairie n'a subi que des dommages légers. Sur le tribunal, l'inspection extérieure n'a pas montré de dommages importants. Seules quelques fissures sont visibles sur le toit du bâtiment.

Les poteaux du bâtiment principal du vieil hôpital sont cisailés à la base et au sommet. Concernant le collège, nous n'avons pu faire qu'un examen extérieur qui n'a permis de voir aucune fissure. Les dommages semblent localisés à l'intérieur sur des murs non porteurs et des balustrades. Au lycée, le concierge nous a rapporté des fissures au bâtiment administratif (dans lequel nous n'avons pu pénétrer) et dans une salle de classe où un poteau a subi un cisaillement net.

La fermeture de l'église semble uniquement due à la dangerosité des vitraux.

L'école primaire du bourg est fermée. Un examen visuel de l'extérieur n'a pas permis de déceler des fissures importantes.



*Figure 64 - Grand Bourg : fissure légère sur la structure de l'école du bourg (à gauche) et sur un poteau d'un bâtiment du lycée (à droite).*



*Figure 65 - Grand Bourg : éclatement du béton et fissure légère sur la structure de la mairie.*



Figure 66 - Grand Bourg : fissures légères sur les structures de deux maisons d'habitation.



Le bâtiment est très ancien.

Figure 67 - Grand Bourg : exemple de dommages aux poteaux du bâtiment principal de l'ancien hôpital de Marie-Galante.

## Saint-Louis-Marie-Galante

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 27/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 33 km

Nous avons rencontré le maire et une équipe de la DDE, venue inspecter des bâtiments publics.

La mairie, de construction récente, présente des fissures larges par endroit.

L'église a été fermée. Le clocher en béton situé à l'extérieur de l'église est fragilisé par des fissures à sa base et devra être abattu. L'église elle-même ne présente pas de dommages importants, mais des risques existent pour le public en raison de cassures sur les vitraux qui peuvent s'aggraver avec les répliques.



Figure 68 - Saint-Louis : fissures sur les poteaux de la cour de l'école maternelle.

Les piliers de la cour intérieure de l'école maternelle présentent tous des fissures importantes. Le marché couvert a été fermé en raison de dommages sur les poteaux en béton.



*Figure 69 - Saint-Louis : fissures sur les poteaux du marché couvert.*



Figure 70 - Saint-Louis : fissures larges dans le bâtiment de la mairie.

### Trois-Rivières

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 25/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 28 km

Nous avons rencontré le maire, puis le directeur des services techniques. Le séisme a été fortement ressenti sur l'ensemble de la commune. Il semble que les dommages soient concentrés sur le centre bourg de la commune ainsi que sur le quartier dit « La Plaine ». En tout, environ 80 déclarations de sinistre ont été enregistrées à la mairie.

La mairie a été légèrement endommagée et il nous a été rapporté au moins un dommage sur une maison individuelle dans le centre. Concernant le quartier « La Plaine », la visite de terrain que nous avons faite laisse à penser que les destructions ont été largement amplifiées par le tassement du sol. En effet, les maisons les plus touchées sont en bordure de ravine et des marques de tassement du sol sont visibles. Les maisons en partie plate n'ont souffert d'aucun dommage visible.



*Figure 71 - Trois Rivières : exemple de dommage à la mairie.*



*Figure 72 - Trois Rivières : maison très vulnérable n'ayant subi aucun dommage.  
Lieu dit « Soldat ».*





Figure 73 - Trois Rivières : lieu dit La Plaine. Vue de la maison la plus touchée dans le quartier.



Figure 74 - Trois Rivières, lieu dit La Plaine. a) Dommages graves sur une maison individuelle.  
b) Désolidarisation d'un mur.

## Vieux-Fort

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 25/11/2004
Intensité V	Distance épacentrale

Nous avons rencontré le secrétaire général de la mairie. Nous avons rempli le questionnaire collectif ensemble. Il n'y a eu qu'une remontée de particulier concernant des dommages aux maisons individuelles. Cette maison montre plusieurs fissures fines, touchant principalement les structures non porteuses. Les maisons voisines ne sont pas touchées.

Concernant les bâtiments collectifs, seule la cantine de l'école primaire semble affectée de fissures peu importantes. Nous n'avons pas eu l'occasion de la visiter.

## Gourbeyre

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 25/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 32 km

Le questionnaire collectif a été rempli au cours d'une réunion avec le maire, le directeur des services et divers membres des services municipaux.

On recense des dommages modérés dispersés sur plusieurs secteurs de la commune, au centre Bourg (église, école), sur quelques maisons dans les quartiers de Dole, Champfleury, Saint-Charles, et sur le bord de mer à la Marina de Rivière Sens (capitainerie du port, immeubles de logements sociaux de la Marina).

À Dolé, une maison a subi des dommages importants liés sans doute en grande partie à un défaut de construction.

Au bourg, le clocher en béton de l'église est fissuré horizontalement au tiers de sa hauteur. L'accès à l'église a été temporairement interdit.



Figure 75 – Gourbeyre : dommages sur le clocher de l'église.



Figure 76 – Gourbeyre : fissures en croix sur une cloison d'une maison de Dolé.

## Saint-Claude

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 25/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 35 km

Le formulaire collectif a pu être rempli à la direction des services techniques. Les principaux sites touchés ont été visités en compagnie d'un policier municipal.

Des dommages sont visibles sur un certain nombre de bâtiments publics du bourg (église, police municipale, école, gendarmerie) et quelques maisons individuelles de forte vulnérabilité.

Le secteur de Matouba semble plus marqué par la secousse, des dommages étant constatés sur des bâtiments *a priori* moins vulnérables. Des fissures en X sont visibles sur l'école. Des fissures aussi sur les piliers soutenant la dalle de toit de l'église. Dommages graves sur une maison individuelle, mais en très mauvais état.



Figure 77 - Saint-Claude : fissures sur le clocher de l'église et dans les locaux de la police municipale face à l'église.



*Figure 78 - Saint-Claude : maison en moellon au centre bourg. Chute de moellon sur le lit.*



*Figure 79 - Saint-Claude : maison individuelle sur pilotis au centre bourg.  
Fissures généralisées dans toute la maison.*



*Figure 80 - Saint-Claude, école de Matouba : fissures en croix à l'entrée, sur le pourtour des cloisons à l'intérieur.*



*Figure 81 - Saint-Claude, école mixte du bourg : chute des pots de fleurs et fissures.*



Figure 82 - Saint-Claude, église de Matouba : fissures sur les poteaux courts soutenant la dalle en béton du toit.

### Baillif

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 26 Novembre
Intensité V	Distance épacentrale 37 km

Nous n'avons pas fait de visite sur le terrain et donc pas pris de photos. Le questionnaire collectif a été rempli avec le maire par téléphone. Ce dernier ne signale pas de dommages significatifs sur sa commune, bien que le séisme soit largement ressenti, d'où l'intensité V.

### Vieux-Habitants

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 26/11/2004
Intensité VI	Distance épacentrale 42 km

Nous avons eu un entretien avec un adjoint au maire et visité en sa compagnie les bâtiments publics sur lesquels quelques dommages légers ont été constatés : l'école primaire du bourg, la Maison familiale et rurale, la chapelle de Beausoleil et l'église du bourg.



Figure 83 - Vieux Habitants : exemple de fissures constatées à l'école.

## Bouillante

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite : 27/11/2004
Intensité VI	Distance épacentrale 49 km

Nous avons vu le responsable des services techniques qui nous a montré les dommages les plus importants. La commune est très étendue. Nous avons visité plusieurs sites sur une distance de 7 km du nord au sud. Les écoles de Pigeon, Thomas, et du centre Bourg présentent quelques fissures.

Au lieu-dit Courbaril, deux maisons individuelles présentent de larges fissures. Il s'agit d'un site en forte pente, affecté par des tassements différentiels qui sont à l'origine des dégâts observés.





*Figure 84 – Bouillante : exemple de dégâts légers sur des écoles.*



Figure 85 – Bouillante : fissure large sur une maison du lieu-dit Courbaril, liée plus probablement à un mouvement de terrain.

## Sainte-Rose

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 27/11/2004
Intensité V	Distance épacentrale 66 km

Nous avons rencontré le maire, le directeur général des services et les adjoints des services techniques, écoles et régie des eaux. La commune a surtout subi des dommages suite aux pluies intenses. De nombreux mouvements de terrain se sont déclenchés et le séisme n'a rien arrangé. Le pont sur la rivière à Goyave est fragilisé par la montée importante des eaux.

Concernant les dommages suite au séisme, ils semblent peu importants. Les habitations individuelles sont très légèrement fissurées, un bâtiment récent de la mairie est légèrement endommagé ainsi que la cantine du collège. Une maison, très vulnérable, a été évacuée car les dommages sont importants. La mairie nous a indiqué des tassements différentiels sur le tablier de certains ponts. Nous n'avons pas pu vérifier si ces tassements sont dus au séisme ou aux mouvements de sol.

La plupart des écoles ont subi des dommages légers.



*Figure 86 - Sainte-Rose : dommages légers sur un bâtiment rajouté de la mairie. L'extension à été réalisée en 1972.*



*Figure 87 - Sainte-Rose : dommages sur la seule maison d'habitation qui nous a été identifiée comme ayant subi des dommages dus au séisme sur l'ensemble de la commune.*

## Capesterre-Belle-Eau

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 26/11/2004
Intensité VI-VII	Distance épacentrale 31 km

Nous avons rencontré le maire et le directeur des services techniques. La secousse a été largement ressentie sur l'ensemble de la commune. Concernant les bâtiments publics, l'école de Bananier a souffert de dommages qui la rendent inutilisable vu son âge. Quatre autres écoles ont des dommages modérés à graves. La mairie, le marché couvert et l'église ont subi des dommages importants. Sur le marché couvert, on peut suspecter des dommages liés au phénomène de poteaux courts. Les bâtiments qui ont le plus souffert sont généralement anciens, de classe de vulnérabilité B ou C selon les EMS98. Sur les maisons individuelles, les dommages semblent légers à modérés.



*Figure 88 – Capesterre : dommages structuraux légers sur l'école de Bananier.*



Figure 89 – Capesterre : dommages structuraux légers sur l'école de Bananier.



Figure 90 – Capesterre : fissures « symétriques » sur l'église du bourg.



*Figure 91 - Capesterre, mairie : éclatement du béton sur un poteau du 1<sup>er</sup> étage et fissuration à la liaison poteau-remplissage.*



Les poteaux les plus endommagés sont ceux qui sont « raccourcis » par les tables visibles sur la photo de gauche. On peut suspecter un phénomène de poteaux courts.

*Figure 92 - Marché couvert : dommages en tête de poteau.*



*Figure 93 - École de Sainte-Marie : le poteau endommagé montré sur la photo de gauche est le poteau d'angle de la photo de droite.*

Il s'agit du seul poteau endommagé de toute l'école et l'endommagement provient d'une erreur de conception : le bandeau en béton est continu et rend « ferme » les joints de dilatation. Le poteau a donc subi une accumulation de contraintes.

### **Goyave**

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 26/11/2004
Intensité V	Distance épicertrale 41 km

Nous avons rencontré le maire et presque tous ses adjoints. Les dommages vus sont uniquement dus au mouvement de terrain, sauf la fissuration d'un poteau d'une école très ancienne. Il ne semble pas qu'il y ait des dommages plus importants sur les habitations.



*Figure 94 - Seul dommage qui nous a été montré sur la commune de Goyave.*

Il s'agit de l'éclatement du béton d'un poteau de l'école de Christophe. Le bâtiment est très ancien et dans un mauvais état de conservation.



*Figure 95 - Glissement de terrain consécutif aux pluies et au séisme et menaçant une route d'accès à des habitations isolées.*





Figure 96 - Glissement de terrain dans le jardin d'une habitation et qui a emporté le barbecue.

## Petit-Bourg

Questionnaire mairie	
Entretiens mairie	Date de la visite 29/11/2004
Intensité VI	Distance épacentrale 48 km

Nous avons rencontré l'adjoint du directeur des services techniques, puis visité la mairie, peu fissurée, le Point Info Jeunesse, un vieux bâtiment légèrement endommagé par le séisme, l'église qui a subi des dommages structuraux modérés et l'école mixte II dont les dommages sont légers.



Figure 97 - École mixte II : fissure sur un mur non porteur. Sur toutes les coupes, seules 3-4 ont été renversées par le séisme.



*Figure 98 - École mixte II : fissure dans la cage d'escalier.*



*Figure 99 - École mixte II : fissure dans l'encadrement d'une porte de classe.*



*Figure 100 - École mixte II : fissure dans la structure non porteuse au niveau de la bibliothèque au premier étage.*



Figure 101 - Église : fissures dans la structure porteuse.



Figure 102 - Mairie : fissures légères dans la structure non porteuse. Salle de reprographie.

## Pointe-à-Pitre

Questionnaire mairie, gendarmerie	
Entretiens mairie	Date de la visite 29/11/2004
Intensité V	Distance épacentrale 52 km

Nous avons rencontré le maire et le directeur des services techniques. Les dommages semblent peu importants. Les cités les plus anciennes (Bergevin) ont subi les dommages les plus forts. La cité Henri IV a été particulièrement affectée. À l'école Fengarol, une fissure importante est apparue au niveau d'un joint de dilatation.

Le bâtiment de la direction des Affaires maritimes, bâtiment en béton sur pilotis particulièrement vulnérable, a été évacué.



Figure 103 - Centre ville : dommage à une maison individuelle ancienne (gauche) et à l'école Fengarol.



Figure 104 - Cité Henri IV : jeu du joint de dilatation.



*Figure 105 - Cité Henri IV : fissures sur les structures porteuses.*



## **Annexe 5**

### **Pluviométrie mensuelle Météo-France**





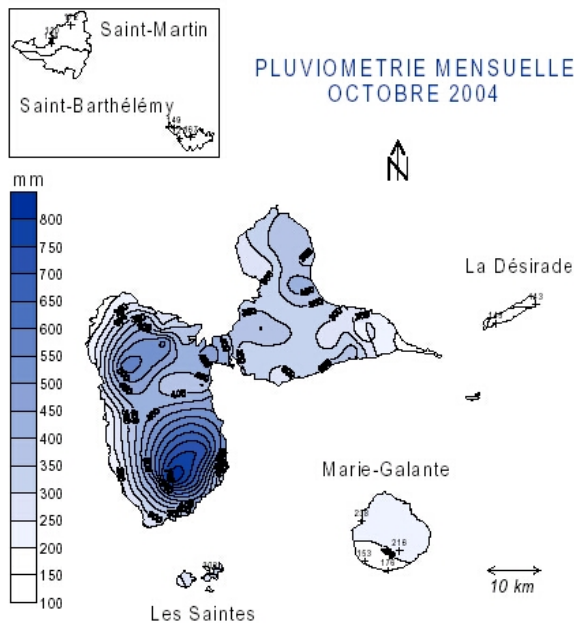
# Le temps du mois

# 971 GUADELOUPE

## OCTOBRE

## 2004

**Caractère dominant du mois**  
Mois exceptionnellement orageux.



### Précipitations

Les cumuls mensuels sont légèrement excédentaires dans les Iles du Nord, à La Désirade, à Marie-Galante ainsi que sur une large partie de la Basse-Terre. L'excédent est bien plus net de Pointe Noire à Baie-Mahault, et sur toute l'île de la Grande-Terre : il est tombé entre 1,5 et 2 fois les quantités normales. Sur la commune de Lamentin, le record mensuel absolu est battu (555 mm à Caillou).

### Températures

Le mois est quasiment normal.

### Insolation

Elle est la plus faible jamais enregistrée en octobre : à peine 5 heures par jour en moyenne.

## FAIT MARQUANT

Le mois se distingue par un nombre record de jours d'orage (23 à la station du Raizet) et par une insolation extrêmement faible. Sept ondes tropicales sont passées à proximité de l'arc antillais. L'alizé a souvent faibli, ce qui a contribué, entre autres causes, à augmenter le caractère fortement perturbé du mois. Parmi les épisodes pluvieux les plus intenses, relevons celui du 15 (100 mm à Ste-Anne), celui du 19 (126 mm à Baie-Mahault, 100 mm à Petit-Bourg et à Ste-Anne) et celui du 21 (145 mm à Pointe-Noire).

**METEO FRANCE**

Service Régional de Guadeloupe B.P. 3038 97139 Abymes Raizet Sud

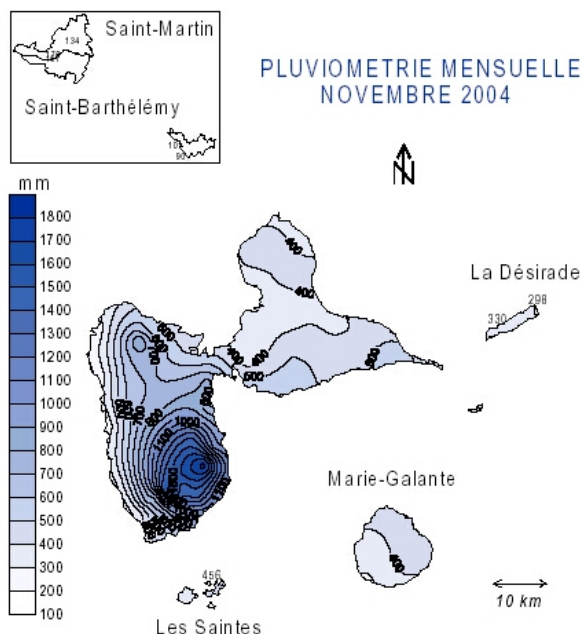
# Le temps du mois

# 971 GUADELOUPE

## NOVEMBRE

## 2004

**Caractère dominant du mois**  
Mois extrêmement arrosé.



**Précipitations**  
En dehors des Iles du Nord, où la pluviométrie du mois est un peu déficitaire, les excédents sont larges et généraux : il est tombé deux fois les normales à La Désirade et à Marie-Galante, deux fois et demi sur la majeure partie de la Guadeloupe, trois fois aux Saintes et sur la commune de Saint-François, davantage encore sur la côte au vent de la Basse-Terre. A Capesterre Neufchâteau, on a même relevé 1862 mm d'eau, soit quatre fois les normales et le double du précédent record mensuel, lequel datait de novembre 2003 !

**Températures**  
Le mois est quasiment normal.

**Insolation**  
Elle est très faible (134 heures pour le mois), à peine supérieure au minimum jamais enregistré.

## FAIT MARQUANT

Les trois premières semaines du mois, extrêmement arrosées, se terminent par un épisode de pluie exceptionnel. Dans une atmosphère saturée d'humidité à tous les niveaux d'altitude, des pluies intenses se déclenchent dans l'après-midi du 18 novembre. Elles redoublent d'intensité dans la nuit (300 mm en trois heures sur les hauteurs de Capesterre). Pour cette seule journée, les cumuls atteindront 590 mm à Neufchâteau. Les fortes pluies persistent les 19 et 20, sous forme d'averses localement orageuses et se renforcent encore dans la journée du 21 novembre. Pour les quatre journées, les totaux dépasseront 1000 mm à Neufchâteau.

**METEO FRANCE**

Service Régional de Guadeloupe B.P. 3038 97139 Abymes Raizet Sud

## **Annexe 6**

### **Mouvements de terrain**



## Diagnostic mouvements de terrain route RD213 - Terre de Bas

Gourbeyre, le 26 novembre 2004

À la demande de la DDE (M. Mazur), sous mandat de la préfecture et du conseil général, le BRGM (S. Bès de Berc) s'est rendu à Terre de Bas le jeudi 25 novembre 2004, pour réaliser un diagnostic de première urgence sur la RD 213, reliant Petites Anses à Grande Anse.

La RD 213 a subi de gros dommages lors de la secousse sismique du 21 novembre 2004 (Magnitude 6.3, à 7h41).

L'objectif de cette visite était de donner un avis quant à la réouverture provisoire de la route le lundi 29 novembre 2004, pour la reprise de l'activité scolaire à Terre de Bas.

Les désordres observés sur la RD 213 sont localisés entre la Pointe Frégate et l'Ancienne Poterie, plus exactement dans le virage à l'aplomb de l'Anse du Petit Etang, sur une distance de 500 m.

D'un point de vue géologique, la RD 213 traverse successivement des labradorites (roches magmatiques) et des brèches andésitiques (conglomérats constitués de blocs emballés dans une matrice peu consolidée). Les labradorites sont des roches massives, mais les brèches constituent des faciès instables. Ces deux formations laissent à la surface de l'ensemble du versant, un nombre important de blocs « posés » en équilibre instable sur la pente.

Les observations réalisées sur la RD 213 suite à la secousse sismique sont :

- le parapet de la route est basculé et tombé sur quasiment toute la zone d'observation ;
- la route est fissurée dans le sens de sa longueur sur toute la distance observée, avant et après le virage. Les fissures correspondent à d'anciennes discontinuités dans la chaussée. Les fissures sont largement ouvertes avec parfois une distance entre les deux bords d'une trentaine de centimètres. Ces fissures sont globalement situées à la moitié de la chaussée. La partie de la chaussée située coté talus aval est le plus souvent décollée du soubassement de la route. Elle est parfois affaissée par rapport au reste de la chaussée, voir basculée vers l'aval. Le soubassement de la chaussée est constitué de nombreux blocs qui se sont éboulés en partie. Localement, il n'y a plus de soubassement, mais un vide sous la chaussée sur quelques dizaines de centimètres de profondeur ;
- de nombreux blocs de taille importante (jusqu'à 5-6 m<sup>3</sup>) sillonnent la route. Ils sont tombés du talus amont de la route, et du versant au-dessus. On peut observer sur le talus amont de la route d'autres blocs en position instable.

### Conclusion :

Il apparaît que le parapet était juste posé contre la chaussée sans emprise dans le béton ni dans le soubassement.

La chaussée a été très déformée lors de la secousse sismique. Les fissures préexistantes dans la chaussée dénotent de la présence d'instabilités dans l'ensemble de la zone avant même le séisme. Le soubassement de la chaussée est constitué de blocs sans matrice, et donc sans cohésion, qui se sont éboulés, provoquant l'affaissement de la chaussée sous action de la gravité. La chaussée et son soubassement ne semblent pas appropriés à cette configuration géologique et géomorphologique. **La partie de la chaussée coté talus aval pourrait être emportée lors de fortes intempéries ou d'une autre secousse sismique.**

Le talus et le versant amont de la RD 213 est parsemé de nombreux blocs de différentes taille (quelques cm<sup>3</sup>, à plusieurs m<sup>3</sup>). La secousse sismique en a fait tomber quelques-uns qui sont arrivés sur la chaussée et pourront être enlevés. Cependant, cette même secousse a déchaussé d'autres blocs qui se trouvent maintenant en position instable. La pente du versant est conséquente (plus de 30° par endroits), et d'autres blocs menacent la chaussée.

#### **Recommandations :**

La chaussée coté talus aval est en position très instable et doit être interdite à tout accès. La chaussée coté talus amont, apparaît plus stable, mais est menacée par des chutes de blocs provenant du talus et du versant au-dessus. Il est indispensable de réaliser un diagnostic détaillé de cette zone dans le but de repérer et purger préventivement les blocs qui risquent de tomber sur la route.

Par Fax : DE Jarry  
Copie : DRIRE  
Préfecture (Cellule de Crise)  
Conseil Général



*Figure 106 - RD 213 : fissurations de la route.*



*Figure 107 - RD 213 : éboulements sur la route.*

## Diagnostic mouvements de terrain route RD214 - Terre de Haut

Gourbeyre, le 08 décembre 2004

À la demande de la mairie de Terre de Haut, un expert du BRGM (S. Bès de Berc) s'est rendu à Terre de Haut le lundi 06 décembre 2004, pour réaliser un diagnostic des mouvements de terrain ayant affectés la RD 214, au niveau de la route du Fort Napoléon et de la route du Chameau.

### Observations

Suite aux importantes précipitations et aux événements sismiques qui se sont produits en Guadeloupe dans le courant du mois de novembre 2004, plusieurs mouvements de terrain ont affecté la RD 214, route qui relie le Fort Napoléon au Chameau, en passant par le Bourg.

#### ***La route du Chameau***

En temps normal, l'accès à la route du Chameau est interdit au public. Cependant, elle dessert la décharge située plus en amont et elle est donc régulièrement fréquentée par les agents de la commune qui y circulent avec des camions de taille importante (1 à 12 t).

400 m après l'embranchement avec la route communale de Boisjoli (cf. carte de localisation), d'importants éboulements provenant du talus amont ont en partie comblé la chaussée, à la suite de la secousse sismique.

La zone affectée s'étend sur une cinquantaine de mètres pour une hauteur d'une douzaine de mètres. La pente du talus est subverticale.

D'un point de vue géologique, la route traverse des coulées de lave andésitiques très fracturées qui se délitent en blocs de quelques cm<sup>3</sup> à plusieurs m<sup>3</sup>.

Le plan de rupture est très raide et parsemé de nombreux blocs en équilibre dans la pente. La partie la plus orientale de la route est caractérisée par de nombreux blocs emballés dans une matrice terreuse, sans aucune cohésion (cf. photo 1). De nombreux blocs situés au sommet du talus ou dans la pente du glissement menacent la chaussée.

Dans la partie la plus occidentale des éboulements, le talus est plutôt caractérisé par une petite falaise massive, mais très fracturée. Des blocs de plusieurs m<sup>3</sup> sont tombés sur la chaussée lors du séisme. Actuellement, on note encore la présence de blocs de plusieurs m<sup>3</sup> qui sont en équilibre au sommet de cette petite falaise (cf. photo 2).

D'autre part, nous avons pu observer un affaissement de la chaussée coté talus aval sur une centaine de mètre face aux éboulements.

#### ***La route du Fort Napoléon***

Au niveau de la dernière épingle à cheveux de la route qui monte au Fort Napoléon (cf. carte de localisation), on peut observer un nombre important de blocs éboulés sur la route depuis son versant amont (cf. photo 3). Apparemment, des blocs tombaient déjà avant la crise sismique.

Actuellement, le versant, d'une pente assez forte (environ 30°) est encore parsemé de nombreux autres blocs en équilibre, qui menacent la chaussée.



## **Conclusion et recommandations**

### ***Route du Chameau***

**Cette route présente des risques importants et doit être interdite à la circulation en l'état actuel.** La zone affectée par les éboulements est très dangereuse car encore parsemée de nombreux blocs déstabilisés par les secousses sismiques, de l'ordre du cm<sup>3</sup> à plusieurs m<sup>3</sup> qui menacent la chaussée.

Il nous semble impératif de faire réaliser une purge de ce site avant sa réouverture aux usagers.

La mise en place de moyens de confortement ou de protection devra par la suite être étudiée par un bureau d'étude géotechnique.

Les affaissements observés sur le coté aval de la chaussée ne présentent pas de dangers immédiats, mais devront être surveillés.

### ***Route du Fort Napoléon***

**La route continue à présenter des risques de chutes de blocs.**

Le versant qui domine la route est parsemé de blocs en équilibre qui menacent la chaussée et le risque de chute de blocs y est élevé, en particulier lors de nouvelles secousses sismiques ou d'intempéries.

Il nous semble important de faire intervenir rapidement un bureau d'étude géotechnique, afin d'étudier des parades préventives à ces chutes de blocs.

Par E-mail : Mairie de Terre de Haut

Copie à : DRIRE  
DDE  
PREFECTURE (Cellule Crise)

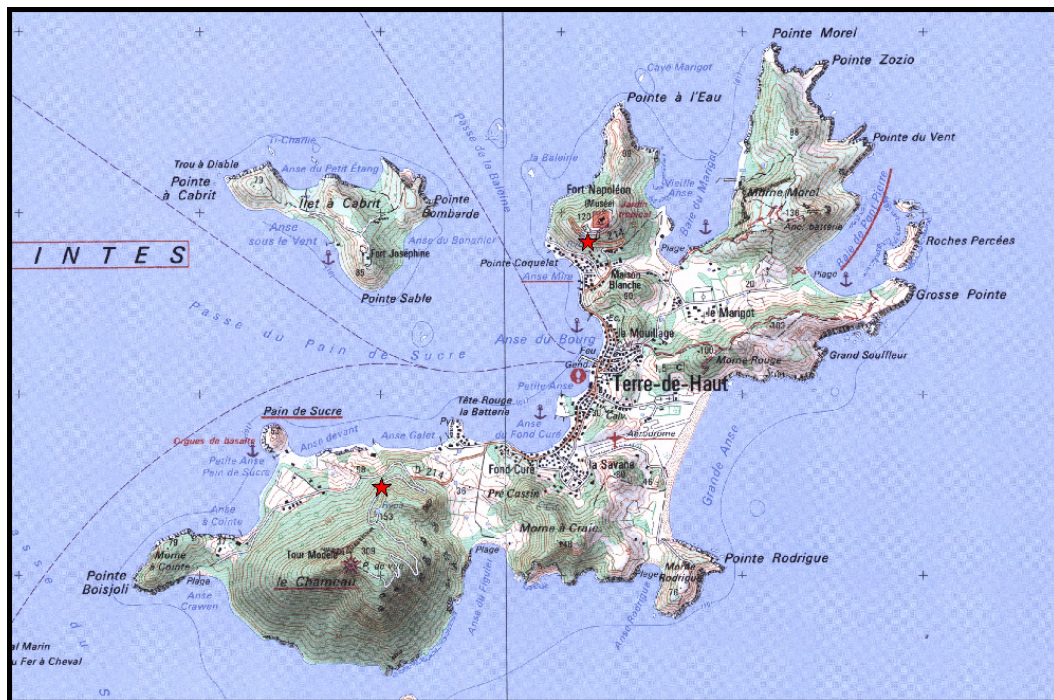


Figure 108 - Terre de Haut : carte de localisation des dégâts observés.



Figure 109 - RD 214 : partie orientale de l'éboulement de la route du Chameau.



Figure 110 - RD 214 : partie occidentale de l'éboulement de la route du Chameau.

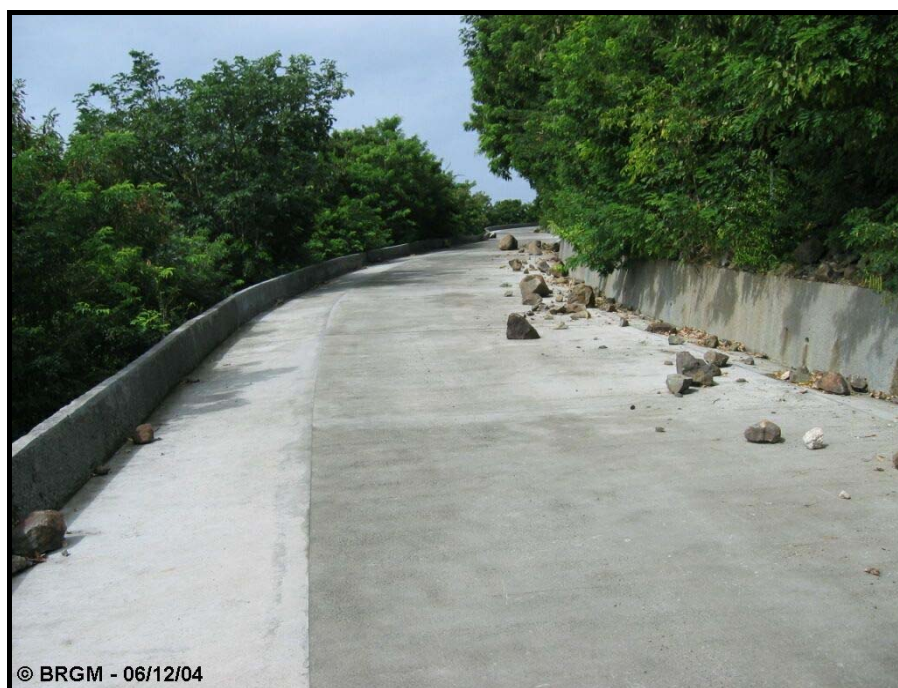


Figure 111 - RD 214 : chutes de blocs sur la route du Fort Napoléon.

## **Diagnostic mouvements de terrain routes communales - Terre de Haut**

Gourbeyre, le 08 décembre 2004

À la demande de la mairie de Terre de Haut, un expert du BRGM (S. Bès de Berc) s'est rendu à Terre de Haut le lundi 06 décembre 2004, pour réaliser un diagnostic suite aux dégâts constatés sur les routes communales de Bois Joli, de Grande Anse et de Pompierre.

### **Observations**

Suite aux importantes précipitations et aux événements sismiques qui se sont produits en Guadeloupe dans le courant du mois de novembre 2004, plusieurs mouvements de terrain ont affecté les routes communales de Terre de Haut.

#### ***Route de Boisjoli***

100 m après l'embranchement avec la RD 214 (cf. carte de localisation), la route de Boisjoli est affectée de nombreuses fissures ouvertes et de désordres dans la chaussée. Nous avons effectivement constaté que le versant aval de la chaussée est en train de s'affaisser. Les premiers signes de ce mouvement de terrain ont commencé avec la secousse sismique du 21 novembre 2004 et prennent de l'ampleur à chaque nouvelle réplique. L'affaissement du talus aval par rapport à la chaussée est de l'ordre d'une dizaine de centimètres latéralement et verticalement (cf. photo 1). La chaussée elle-même est déformée par de nombreuses fractures qui s'ouvrent progressivement. Du côté amont, on note également un décollement entre la chaussée et le talus.

Dans le bas côté de la route, côté talus aval, de nombreuses fissures d'une dizaine de centimètres de large maximum et d'une extension de plus d'un mètre sillonnent le sol (cf. photo 2).

Une dizaine de mètres en contrebas de la route, on retrouve des fissures dans les terrains. La pente de ce versant est de l'ordre de 30 à 40°.

Plus à l'ouest sur la route, les fissures sont moins visibles, mais un mur en pierres est en train de s'affaisser.

L'ensemble de ces désordres a été observé sur environ 150 m le long de la chaussée.

Toutes ces observations nous permettent de conclure à un glissement de versant de grande ampleur.

D'un point de vue géologique, la route communale se situe en limite de deux formations géologiques : des coulées andésitiques massives et des brèches andésitiques, formations peu consolidées. Ce contact géologique pourrait constituer un plan de faiblesse qui serait un des facteurs de l'apparition de ce glissement de terrain.

#### ***Route de Grande Anse***

Le long de la route communale de Grande Anse qui mène au Morne Rodrigue (cf. carte de localisation), le morne situé à l'entrée de la plage a été fortement affecté par des mouvements de terrain de type glissements et éboulements qui ont arraché le grillage et en partie comblé la chaussée (cf. photo 3).

Les premières instabilités ont eu lieu quelques jours avant la secousse sismique suite aux importantes précipitations. Le séisme et les répliques qui ont suivi ont réactivé les mouvements de terrain.

Ce morne est constitué de formations géologiques anté-miocène très altérées et fracturées. De plus, le versant de ce morne où se sont produits les glissements et éboulements est orienté plein est, c'est-à-dire directement soumis aux actions de la mer et des alizés, qui augmentent l'état d'altération de ces formations.

#### ***Route de Pompierre***

À l'extrémité de la route de Pompierre, avant l'entrée sur la plage, la chaussée est affectée de quelques fissures et d'un phénomène d'érosion différentielle qui se caractérise par une forte érosion en bordure de la chaussée.

Les fissures ont une extension de quelques décimètres et ne sont ni ouvertes ni décalées.

#### **Conclusion et recommandations**

##### ***Route de Boisjoli***

Il s'agit probablement ici d'un glissement de versant, et donc d'un mouvement de terrain complexe et de grande ampleur.

**La route pourrait présenter un danger d'effondrement si le mouvement de terrain continue à se développer.**

Il est essentiel de surveiller son évolution dans le temps et de prendre les mesures adéquates (bureau d'étude géotechnique) pour le contrôler. Il est très important de surveiller également l'évolution de la chaussée par rapport à cet affaissement.

##### ***Route de Grande Anse***

Le versant est du morne est parsemé de nombreux blocs en équilibre qui menacent la chaussée. Le sommet du morne est lui-même constitué de rochers très fracturés.

**Il existe un risque de nouveaux éboulements et glissements de terrain sur le flanc est du morne.** Il nous semble important de faire réaliser une purge de cette zone pour éviter de nouveaux éboulements. Une étude de confortement ou de protection plus appropriée devra être par la suite pour protéger le site.

##### ***Route de Pompierre***

Il n'y a pas de risques immédiats concernant cette route.

##### ***Morne La Savane***

Au cours de notre mission, nous avons pu observer la présence de blocs en position très instable au sommet du morne La Savane (cf. carte de localisation) qui menacent directement les maisons situées au-dessous. Durant la secousse sismique, des blocs de plusieurs m<sup>3</sup> sont déjà tombés détruisant une partie du mur de l'une de ces maison et endommageant la terrasse (cf. photo 4).

**Le risque de nouveaux éboulements est important.**

Par E-mail : Mairie de Terre de Haut  
Copie à : DRIRE  
DDE  
PREFECTURE (Cellule crise)



Figure 112 - Carte de localisation des dégâts observés sur les routes communales de Terre de Haut.



*Figure 113 - Photo 1 : affaissement du talus aval par rapport à la chaussée.*



Figure 114 - Photo 2 : fentes d'extension dans le bas coté (talus aval).



Figure 115 - Photo 3 : glissements de terrain et éboulements sur la route de Grande Anse.





*Figure 116 - Photo 4 : éboulements depuis le Morne La Savane.*

## **Diagnostic mouvements de terrain route RD6 - Gourbeyre-Vieux Fort**

Gourbeyre, le 29 novembre 2004

À la demande de la DDE Subdivision de Basse Terre (M. Bourguignon), le BRGM (S. Bès de Berc) a réalisé une expertise d'urgence sur la RD6 entre Rivière Sens et Vieux Fort le 22 novembre 2004.

Suite aux événements climatiques et sismiques, les falaises qui bordent la route ont été affectées de quelques éboulements qui ont localement atteint la chaussée. Ces éboulements ont mobilisé des petits éléments ainsi que des blocs de plusieurs m<sup>3</sup>.

La demande d'intervention du BRGM concernait plus particulièrement la présence de quelques blocs en position instable situés sur une vire surplombant la chaussée.

D'un point de vue géologique, la RD 6 est localisée au pied de falaises abruptes constituées de hyaloclastites (produits volcaniques provenant d'une activité hydro-magmatique) peu consolidés. Cette formation est principalement représentée par des éléments de petite taille (centimétriques), mais certaines accumulations consolidées peuvent générer des blocs de taille métrique, tels que ceux tombés sur la chaussée suite au séisme.

### **Conclusion**

Les falaises de la RD 6 sont constituées de formations géologiques peu consolidées qui ont été déstabilisées localement par la secousse sismique.

**Les blocs restés sur la vire à l'aplomb de la chaussée présentent un danger immédiat pour les usagers.**

Les autres zones, qui ont été affectées par des éboulements, constituent des zones potentiellement instables.

La secousse sismique a vraisemblablement entraîné une fragilisation des falaises de la RD6. Il existe donc un danger potentiel de nouveaux éboulements ou chutes de blocs sur la chaussée.

### **Recommandations**

- purger les blocs présents sur la vire ;
- s'assurer qu'il n'existe pas d'autres blocs en équilibre instable qui menacent la chaussée.

Par Fax : DDE Basse Terre et Jarry

Copie : DRIRE

Préfecture (Cellule de Crise)



*Figure 117 - RD 6 : éboulement du 9 décembre 2004 au niveau de la Pointe Turllet.*

## Diagnostic mouvements de terrain route RD11 - (Soufrière) Saint-Claude

COMPTE RENDU DE MISSION	
DDE Subdivision de Basse Terre	Numéro :
<b>Objet : Compte rendu de l'expertise de terrain réalisée pour le compte de la DDE</b>	
Date : 23/11/04	Lieu : RD11 (Soufrière)
Rédacteur : S. Bès de Berc	
Participants : Séverine Bès de Berc (BRGM)	
Diffusion : M. Bourguignon (DDE, Subdivision Basse Terre), M. Mazur (DDE, Jarry), M. Hervé (SGR/GUA), DRIRE, Préfecture (Cellule de Crise)	

### PRÉSENTATION DES OBJECTIFS

Dans le cadre de sa mission d'appui aux services de l'État, le BRGM a été missionné par la DDE subdivision de Basse Terre pour une expertise de la RD11, route d'accès au parking de la Soufrière.

Suite aux importantes intempéries qui se sont abattues sur la Guadeloupe pendant ces dernières semaines et au séisme de magnitude 6.3 ayant eu lieu dimanche 21/11/04 à 7 h 41, un certain nombre de désordres de type mouvements de terrain a été signalé sur la RD11 (route d'accès au parking de la Soufrière) par la DDE, subdivision de Basse Terre (cf. fig. 118). La RD11 est totalement obstruée et l'accès y semble délicat même pour les travaux de déblais.

La Soufrière est un haut lieu touristique et nombreux sont les véhicules qui empruntent cette route tous les jours pour se rendre au parking, dit Savane à Mulets.

L'objectif de cette visite de terrain était de réaliser une reconnaissance de l'ensemble des désordres observés ainsi que l'expertise géologique pour définir le degré de gravité des différents phénomènes dans l'optique d'une réouverture de la route.

Cette expertise de terrain s'est effectuée dans la journée du 23 novembre 2004.

Les descriptions présentées ci-dessous, sont le résultat d'observations de terrain uniquement visuelles et devront être complétées autant que nécessaire par des études géotechniques.

### DÉROULEMENT DE LA MISSION

La reconnaissance de terrain s'est déroulée avec l'aide de personnel du Parc National de Guadeloupe et la présence d'un ingénieur de l'Observatoire Volcanologique de la Soufrière.

L'accès au lieu dit Savane à Mulets (parking pour se rendre à la Soufrière) étant impossible par la route RD11 du fait des glissements de terrain, nous avons donc emprunté la trace du Pas du Roy qui part des Bains Jaunes et arrive directement au Parking de la Savane à Mulets. L'accès aux glissements de terrain s'est ensuite

effectué par le dessus. Nous avons réalisé une reconnaissance de quatre glissements de terrain majeurs affectant la partie amont de la route, sur le flanc sud du piton Tarade, au niveau de la dernière ligne droite avant le parking.

## PRINCIPAUX RÉSULTATS

### Désordres de la RD11

La RD11 a été affectée en quatre points majeurs entre les Bains Jaunes et la Savane à Mulets, sur la dernière ligne droite avant le parking. Les glissements de terrain se sont produits sur le flanc sud du piton Tarade, dans le versant en amont de la route.

#### Coulée

Dans la partie la plus occidentale de la route, avant le premier virage en épingle à cheveux (cf. fig. 119), nous avons localisé depuis le lacet inférieur de la route, une coulée boueuse qui s'est déclenchée à une trentaine de mètres à l'ouest du sommet du Piton Tarade (fig. 120). Les coulées boueuses sont des mouvements de terrain qui affectent la couche superficielle altérée des formations géologiques, très fréquente en Guadeloupe et constituée généralement d'argiles rougeâtres. L'épaisseur mobilisée est faible (1 à 2 m) et la largeur est de l'ordre de 4-5 m pour une longueur de 100 à 150 m. Le front de la coulée s'est déposé sur le RD11, l'obstruant en partie. Nous n'avons pas pu accéder directement au site, mais les observations depuis le bas, nous permettent de penser que cette coulée est mineure, et pourra être aisément déblayée.

#### Les glissements/éboulements

Les glissements 1 et 2 décrits ci-dessous affectent le piton Tarade. D'un point de vue géologique le piton Tarade est constitué de coulées de débris, c'est-à-dire des conglomérats constitués de blocs de taille hétérogène (centimétrique à plurimétrique) emballés dans une matrice peu consolidée. Le tout est très fragilisé.

D'un point de vue morphologique la pente du piton est de l'ordre de 45° au niveau de la route et de 70° dans les zones d'arrachement 20 m plus haut.

#### Glissement 1

Le glissement 1 est situé sur le flanc SW du piton Tarade en amont de la chaussée (fig. 120). Il s'agit d'un éboulement/glissement qui se transforme en coulée plus en aval. Le plan de rupture a une hauteur d'environ 35-40 m, et une largeur au niveau de la route d'environ 30-35 m (fig. 121). Une importante quantité des dépôts est restée bloquée au niveau de la route (dépôts constitués de blocs centimétriques à métriques dans une matrice boueuse, sur une épaisseur de 3-4 m) juste en aval de l'éboulement. Le reste du glissement s'est transformé en coulée, qui s'est propagée en aval de la route jusqu'au lacet en contrebas (fig. 122). Les dépôts sur la partie inférieure de la route sont constitués de boue et de blocs décimétrique à mètre ainsi que de troncs d'arbres (fig. 123). Les dimensions de ce dépôt sont : largeur : 20 m, épaisseur 2 m.

#### Glissement 2

Le glissement 2 est situé sur le flanc SE du piton Tarade, parallèlement au glissement 1 (fig. 124). La hauteur de la rupture est d'environ 35-40 m. Une première partie des éléments glissés/éboulés se sont déposés sur la chaussée sur une largeur d'environ

40 m et une épaisseur d'environ 3-4 m (fig. 125 et 126). Il s'agit de blocs de taille hétérogène (centimétriques à plurimétriques) emballés dans une matrice boueuse. On observe également la présence de nombreux troncs d'arbres qui rendent difficile l'accès sur les dépôts.

Ces dépôts viennent buter sur la barrière de sécurité située à cet endroit de la route. Celle-ci est légèrement endommagée par endroits.

Le glissement s'est ensuite propagé plus en aval en contrebas de la route pour s'arrêter environ 40 m plus bas, ravinant fortement le talus. On peut y observer de nombreux blocs instables de grande taille.

### Glissement 3

Le glissement 3, le plus à l'est est moins important que les deux premiers. Il affecte le talus amont de la chaussée sur une hauteur de 12-15 m environ, et une largeur d'une vingtaine de mètres (fig. 127). Le dépôt sur la chaussée est constitué de nombreux blocs emballés dans une matrice sableuse, sur une épaisseur de 5 m environ. Les formations géologiques mobilisées sont des dépôts de nuées ardentes (cendres et blocs) très peu consolidés et très instables.

Au niveau du glissement 3, sur la partie externe de la chaussée, le talus aval a été emporté sur plusieurs dizaines de centimètres de long (fig. 128).

De plus, dans la prolongation de ce talus effondré, nous avons pu observer une fissure importante entre la chaussée et le talus aval encore en place, signe que le talus a été fragilisé et menace de tomber à chaque instant (fig. 129).

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

On estime que ces désordres sont liés à la secousse sismique du dimanche matin, car la station sismologique de l'OVSG située sur la route entre ces différents mouvements de terrain n'a pas enregistré de secousse particulière avant le séisme, qui pourrait correspondre à des éboulements/glissements de cette ampleur. Cependant, les importantes précipitations précédant le séisme ont gorgé d'eau les formations, les rendant très instables. La secousse sismique a joué le rôle de déclencheur.

Les glissements 1 et 2 sont très problématiques. Ils affectent le flanc sud du Morne Tarade, qui est constitué de coulées de débris, formation géologique constituée de blocs emballés dans une matrice peu consolidée. Le tout est naturellement très instable.

La partie sommitale du plan de rupture des glissements 1 et 2 est très verticale, voir surplombante. Elle laisse apparaître de nombreux blocs de taille conséquente (plurimétriques) en totale instabilité, qui menacent de tomber à chaque instant.

De plus les travaux de déblai de ces deux glissements au niveau de la chaussée vont vraisemblablement engendrer des instabilités qui sont pour le moment bloquées par les parties effondrées.

Le glissement 2 a endommagé en partie la barrière de sécurité qui protège la chaussée à cet endroit.

D'une manière générale, la quantité des dépôts actuellement sur la chaussée au niveau des glissements 1 et 2 ne permet pas de voir l'état de la chaussée.

Le glissement 3 a largement endommagé le talus aval de la chaussée qui s'est effondré en partie et présente des instabilités importantes dans la continuité.

**En conclusion, l'ensemble de la zone est très dangereux et l'accès doit y être strictement interdit.**

Il existe de nombreux dangers potentiels de nouvelles instabilités sur la partie amont de la chaussée, que ce soit au niveau des plans de rupture sur le Morne Tarade ou au niveau du glissement 3. Des instabilités sont également présentes dans les dépôts liés à ces mouvements de terrain, c'est-à-dire, les coulées qui se sont propagées en aval de la route et qui pourraient provoquer la chute de blocs sur la chaussée en aval.

### **Recommandations**

L'ensemble des descriptions ci-dessus nous permet d'avancer un certain nombre de points importants à étudier ou à vérifier :

- préconisations pour les travaux de déblai afin d'éviter de nouvelles instabilités qui pourraient mettre en danger le personnel des travaux,
- purger les plans de rupture des glissements 1 et 2 et les dépôts qui se sont propagés en aval de la chaussée,
- lors des travaux, prendre garde au talus amont qui est actuellement sous les éboulés, car ils pourraient se déstabiliser au moment du déblai,
- une fois la route déblayée, effectuer une purge des falaises au droit des glissements 1 et 2 et étudier les moyens de stabiliser et protéger ces zones,
- vérifier que la chaussée et son talus aval n'ont pas été endommagés au niveau des glissements 1 et 2,
- étudier la stabilité de la barrière de sécurité au niveau du glissement 2,
- réaliser des études concernant la stabilité et le confortement du talus aval de la chaussée au niveau du glissement 3,
- vérifier si la coulée n'a pas provoqué des instabilités en amont de la route, et engendré des dépôts qui pourraient encore se déstabiliser.

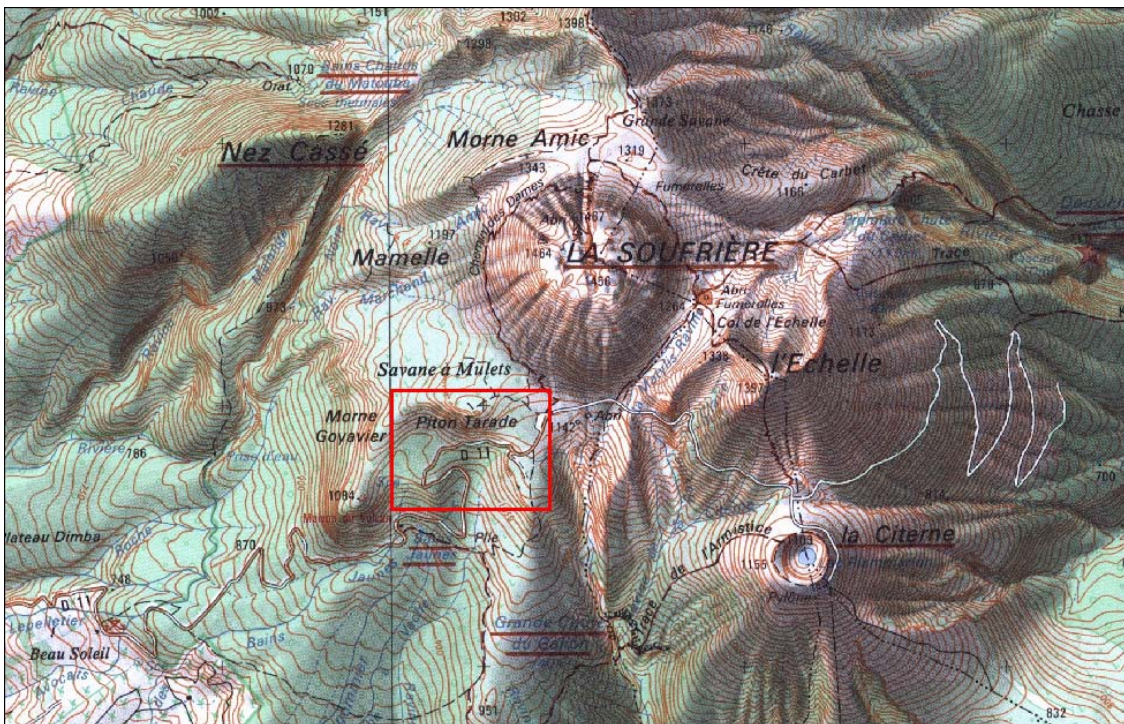


Figure 118 - RD11 : localisation de la zone affectée par les mouvements de terrain.



Figure 119 - RD11 : localisation des mouvements de terrain.





Figure 120 - RD11 : glissement 1 vu de la route en contrebas. On observe également sur la gauche la coulée qui part du piton Tarade et atteint la route au-dessus du lacet.



Figure 121 - RD11 : glissement 1 ; flanc SW du piton Tarade, vue amont.



*Figure 122 - RD11 : glissement 1, vue aval depuis la route supérieure.  
La coulée s'est propagée jusqu'au lacet en contrebas.*



*Figure 123 - RD11 : dépôts de la coulée liée au glissement 1 dans le lacet inférieur.*



*Figure 124 - RD11 : glissement 2, flanc sud-est du piton Tarade.*



*Figure 125 - RD11 : glissement 2, dépôts sur la chaussée, plan de rupture et barrière de sécurité de la route.*



*Figure 126 - RD11 : dépôts du glissement 2 sur la chaussée.*



Figure 127 - RD11 : glissement 3.



Figure 128 - RD11 en aval du glissement 3 : talus aval de la chaussée effondré.



*Figure 129 - RD11 en aval du glissement 3 : fissure de traction entre la chaussée et le talus.*

## Diagnostic mouvements de terrain Massif de la Soufrière – Saint-Claude

<b>COMPTE RENDU DE DIAGNOSTIC D'URGENCE – Rapport Provisoire</b>	
Parc National de Guadeloupe	Numéro :
<b>Objet : Compte rendu de l'expertise de terrain réalisée pour le compte du Parc National de Guadeloupe : Massif de la Soufrière</b>	
Date : 25/11/04	Lieu : <b>Massif de la Soufrière</b>
Rédacteur : S. Bès de Berc	
Participants : Séverine Bès de Berc (BRGM), Patrice Segretier (PNG)	
Diffusion : M. Jean Sébastien Nicolas (PNG), Jean Yves Hervé (BRGM), DRIRE, Préfecture (Cellule de Crise)	

### PRÉSENTATION DES OBJECTIFS

Dans le cadre de sa mission d'appui aux services de l'État, le BRGM a été missionné par le Parc National de Guadeloupe pour réaliser une expertise au niveau du massif de la Soufrière.

Suite aux importantes intempéries qui se sont abattues sur la Guadeloupe pendant ces dernières semaines et au séisme de magnitude 6.3 ayant eu lieu dimanche 21/11/04 à 7 h 41, un certain nombre de désordres se sont produits sur les chemins d'accès au Dôme de la Soufrière, haut lieu touristique de la Guadeloupe.

Au départ du parking de la Soufrière, on peut emprunter soit par le Chemin des Dames par la gauche du Dôme, soit le Col de l'Échelle par la droite.

Les deux accès ont été endommagés par des coulées et des glissements de terrain.

L'objectif de cette visite était de réaliser une reconnaissance de l'ensemble des désordres observés ainsi que l'expertise géologique pour définir le degré de gravité des différents phénomènes dans l'optique d'une fermeture provisoire complète ou partielle de l'accès à ce site très touristique.

Cette expertise de terrain s'est effectuée dans la matinée du 23 novembre 2004.

Les descriptions présentées ci-dessous, sont le résultat d'observations de terrain uniquement visuelles et devront être complétées autant que nécessaire par des études géotechniques.

### DÉROULEMENT DE LA MISSION

La mission a consisté en une visite de terrain au départ des Bains Jaunes, l'accès au parking de la Soufrière étant bloqué par des mouvements de terrain sur la RD11. Nous avons réalisé dans un premier temps une reconnaissance des désordres affectant la RD11 sous le parking de la Soufrière : cette première partie fait l'objet d'un rapport provisoire de diagnostic d'urgence réalisé pour le compte de la DDE.

Depuis le parking de la Soufrière (Savane à Mulets), nous avons ensuite emprunté le Chemin des Dames, sentier principal d'accès au Dôme qui contourne celui-ci par la gauche (ouest). Nous sommes ensuite redescendus du Dôme par l'est en empruntant le sentier qui passe par le col de l'Échelle. D'autres observations ont été réalisées sur la route qui va de Savane à Mulets en direction de la Citerne.

## PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'ensemble de cette reconnaissance de terrain nous a permis de mettre en évidence 10 mouvements de terrain majeurs (fig. 130) :

- Sites 1, 2 et 3 sont étudiés dans le diagnostic d'urgence réalisé pour le compte de la DDE sur la RD11 (copie du rapport remis au PNG).
- Site 4 : Bloc éboulé depuis des ressauts 100 m au-dessus du Chemin des Dames. Le bloc d'environ 4-5 m<sup>3</sup> est arrivé sur le sentier et obstrue le passage (fig. 131).
- Site 5 : Deux coulées boueuses qui obstruent le sentier :
  - Coulée 1 (fig. 132) – Départ de la coulée 50 m en amont. La largeur déposée sur le sentier est de l'ordre d'une quinzaine de mètres. Le point de départ de la coulée est apparemment fragilisé, des blocs instables y sont positionnés,
  - Coulée 2 (fig. 133) – Elle est de plus grande ampleur que la première. Départ de la coulée environ 60 m au-dessus du chemin et arrivée plus de 100 m en contrebas. La coulée constituée de boue et de quelques blocs obstrue le chemin sur une largeur d'environ 40 m et une épaisseur de 3-4 m (fig. 134).
- Site 6 : Un petit glissement de terrain de 3-4 m de large et 5-6 m de haut a provoqué l'effondrement du sentier (fig. 135).
- Site 7 : Une coulée a emprunté une ravine déjà existante en emportant le sentier à cet endroit (fig. 136).
- Site 8 : Coulée sur le flanc ouest de l'Échelle qui n'a pas d'incidence particulière sur le sentier (fig. 137).
- Sites 9 et 10 : Éboulements qui se sont produits dans le talus amont de la route qui va du parking Savane à Mulets en direction de la Citerne. Ce talus est très abrupt et composé de scories (projections volcaniques) peu consolidées. Un bloc important (environ 3 m<sup>3</sup>) est tombé sur la chaussée, l'endommageant sous son impact (fig. 138). Le premier éboulement est de l'ordre de 30-40 m<sup>3</sup>. Le deuxième de l'ordre de 100 m<sup>3</sup> (fig. 139).

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

- Site 4 : vérifier qu'il n'existe pas d'autres blocs en équilibre qui menaceraient de tomber dans cette zone.
- Site 5 : les plans de ruptures des coulées sont situés dans des zones très abruptes, où de nombreux blocs se trouvent en instabilité. Il est donc impératif de purger les zones en question. La coulée 2 est plus problématique que la première, elle



mobilise beaucoup plus de matière et a mis à nu de grandes surfaces rocheuses instables.

- Site 6 : pas de gravité particulière, mais l'érosion régressive va vraisemblablement provoquer l'affaissement du reste du sentier.
- Site 7 : pas de danger particulier. Le sentier a cependant été emporté. À surveiller.
- Site 8 : à surveiller en particulier lors de fortes intempéries.
- Site 9 et 10 : les talus ont été fragilisés. Il sera important de vérifier qu'il ne reste pas de blocs instables au-dessus de la chaussée et éventuellement de réaliser une purge des plans de rupture.

**En conclusion, le Chemin des Dames présente des dangers immédiats et l'accès au public doit y être interdit.**

**L'accès à la Citerne reste dangereux (instabilités des talus).**

Le sentier qui passe par le col de l'Échelle (coté est du Dôme) ne présente pas de dangers immédiats.

Les désordres qui affectent le Chemin des Dames devront faire l'objet d'études plus approfondies avant d'envisager sa réouverture au public.



Figure 130 - Carte de localisation des désordres observés sur le massif de la Soufrière.



Figure 131 - Soufrière site 4 : bloc éboulé et tombé sur la trace.



Figure 132 - Soufrière site 5 : coulée 1, vue amont (photo de gauche) et vue aval (photo de droite).



Figure 133 - Soufrière site 5 : coulée 2, vue vers le nord et vue en amont (en pointillés, la position du sentier avant la coulée).



Figure 134 - Soufrière, site 5 : dégâts occasionnés par la coulée 2 sur le sentier « Chemin des Dames ».



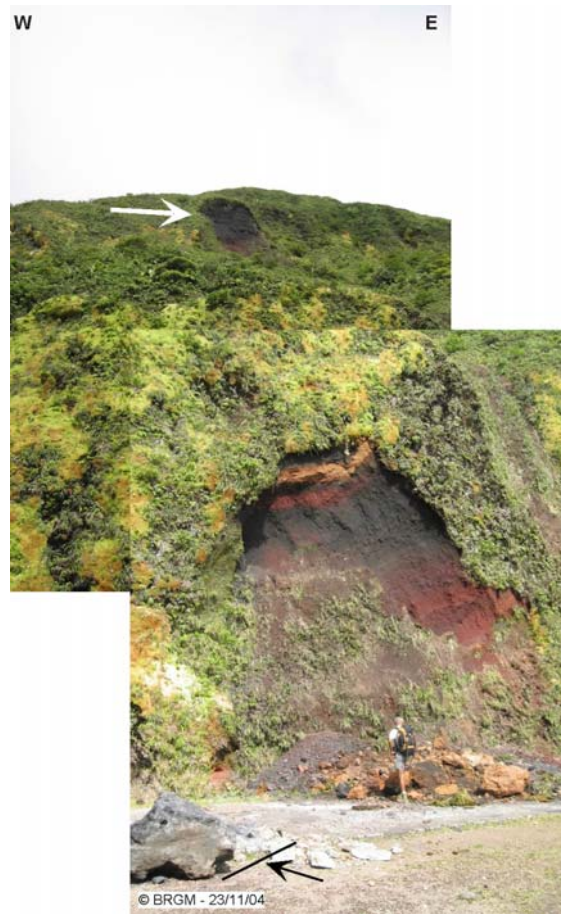
Figure 135 - Soufrière site 6 : glissement affectant le sentier.



Figure 136 - Soufrière : glissement dans une ravine, ayant emporté le sentier.

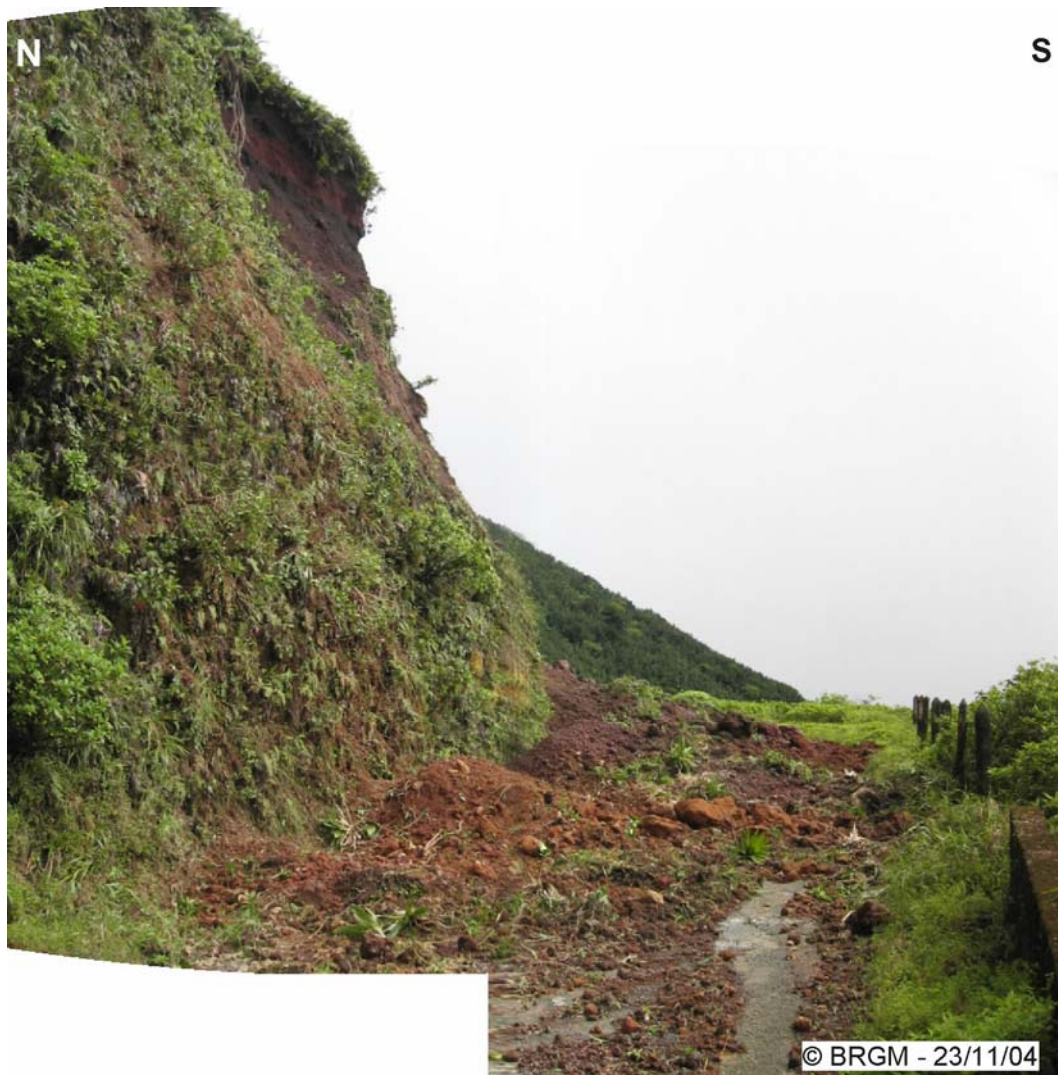


*Figure 137 - Soufrière : coulée dans une ravine.*



*Figure 138 - Soufrière site 9 : éboulement sur la route de la Citerne.*

On voit en haut le point de départ d'un bloc d'environ 3 m<sup>3</sup> qui est tombé sur la chaussée. Au premier plan, le bloc et son impact.



*Figure 139 - Soufrière site 10 : éboulement de scories.*

## **Diagnostic mouvements de terrain chemin des Dames (Soufrière) Saint-Claude, février 2005**

Gourbeyre, le 03 février 2005

Diagnostic de mouvements de terrain sur le Dôme de la Soufrière et caractérisation des sites à traiter pour la réouverture du « Chemin des Dames ».

Suite aux événements climatiques et sismiques du mois de novembre 2004, le BRGM avait réalisé pour le compte du Parc National de Guadeloupe, un diagnostic des désordres survenus. Plusieurs mouvements de terrain avaient en partie entravé le sentier dit « Chemin des Dames » qui permet l'accès au sommet du Dôme de la Soufrière. L'accès à ce sentier avait alors été fermé provisoirement au public par arrêté municipal.

À la demande du Parc National de Guadeloupe, le BRGM s'est rendu une nouvelle fois sur le Dôme de la Soufrière le mercredi 02 février 2005 pour accompagner un agent du Parc et l'aider à définir les sites à traiter dans le but d'une réouverture du sentier.

**Situation** : le chemin des Dames, contourne le Dôme de la Soufrière par l'ouest. C'est l'accès le plus direct au sommet. Plusieurs mouvements de terrain avaient été observés (cf. compte rendu de l'expertise de terrain sur le massif de la Soufrière du 24/11/04) : la chute d'un bloc de plusieurs m<sup>3</sup> entravant le sentier, deux glissements de terrain en amont du sentier ayant évolués en coulées de boue. De plus, les agents du Parc ont mis en évidence un certain nombre d'instabilités au sommet du Dôme.

**Désordres observés** (cf. carte de localisation et photos)

### ***Chute de bloc***

La zone de départ du bloc n'a pas clairement été identifiée, mais à environ 100 m en amont du sentier et dans la trajectoire de chute du bloc, une zone d'arrachement a été mise en évidence, caractérisée par quelques petits blocs instables dans une formation meuble déstructurée.

*Zone de départ de la première coulée* : présence de deux blocs de 1 m<sup>3</sup> chacun environ qui menacent de s'ébouler sur le chemin des Dames.

*Zone de départ de la deuxième coulée* : un bloc de plusieurs m<sup>3</sup> posé en équilibre sur des dépôts meubles déstructurés correspondant à la partie supérieure du glissement. Le lessivage de ces dépôts par les eaux pluviales et/ou de nouvelles secousses sismiques pourraient entraîner la chute de ce bloc sur le chemin des Dames.

*Cratère sud* : présence d'un bloc de plusieurs m<sup>3</sup> solidaire du Dôme, mais en équilibre au-dessus du vide. On observe la présence de crevasses qui s'ouvrent progressivement (légère évolution depuis nos dernières observations deux semaines



auparavant). La chute de l'ensemble du bloc pourrait menacer le sentier du col de l'Echelle qui passe en contrebas.

Bloc de plusieurs m<sup>3</sup> qui s'est affaissé de quelques dizaines de centimètres sans faire de dégâts. Il pourrait encore présenter des instabilités.

*Piton Saussure* : présence de crevasses ouvertes. L'éboulement du piton pourrait menacer le chemin des Dames

*Flanc Sud du Dôme de la Soufrière* : depuis deux ans, une grande partie du flanc sud se dénude de sa végétation à cause de l'acidité des gaz qui sortent du cratère sud. Ainsi, les dépôts de cendres (plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur) résultant de l'activité de la Soufrière en 1976 sont directement soumis au ruissellement des eaux pluviales. De plus, ces dépôts meubles sont soumis à la gravité et s'affaissent progressivement, faisant apparaître de nombreuses crevasses perpendiculaires à la pente. D'après les équipes de l'OVSG, certaines de ces crevasses ont évolués rapidement ces dernières semaines et particulièrement après les répliques sismiques.

#### **Recommandations et conclusions :**

Les sites 1, 2 et 3 doivent être purgés des blocs instables mis en évidence lors de notre mission (cf. photos).

Les sites 4 et 6 présentent des blocs de volume très importants qui se désolidarisent du dôme le long de petites crevasses. Les eaux pluviales s'écoulent dans ces crevasses et exacerbent le phénomène. Ces blocs de plusieurs m<sup>3</sup> pourraient menacer les sentiers situés en aval particulièrement en cas de fortes intempéries ou de nouvelles secousses sismiques.

Le site 5 doit être surveillé. Le bloc affaissé pourrait basculer.

Le site 7 et l'ensemble du flanc sud de la Soufrière doit être surveillé. Le phénomène mis en évidence va s'accroître et risque de se transformer en glissements qui pourraient se propager en coulées jusqu'à la Savane à Mulets.

En conclusion, **l'ensemble du site de la Soufrière a toujours présenté, présente et continuera de présenter des risques de mouvements de terrain** (chutes de blocs, glissements...). Il s'agit d'un dôme volcanique récent, qui par définition présente de nombreuses instabilités liées aux types de formations et aux nombreuses fractures qui le structurent. De plus, il s'agit d'un milieu évolutif qui est soumis en permanence à différents aléas : le climat tropical humide (plus de 12 m de pluie par an sur le massif), l'activité sismique et l'activité volcanique.

Le risque est permanent et ne peut pas être contrôlé dans sa totalité. Cependant, il conviendra de traiter prioritairement les zones mises en évidence lors de cette mission.

D'autre part, nous suggérons :

- une vigilance particulière des agents du parc lors de leurs passages sur le massif, qui signaleront le cas échéant, la présence de nouvelles instabilités qui pourraient présenter un danger immédiat ;
- une inspection périodique (2 fois par an) plus complète des points sensibles pour en suivre l'évolution.

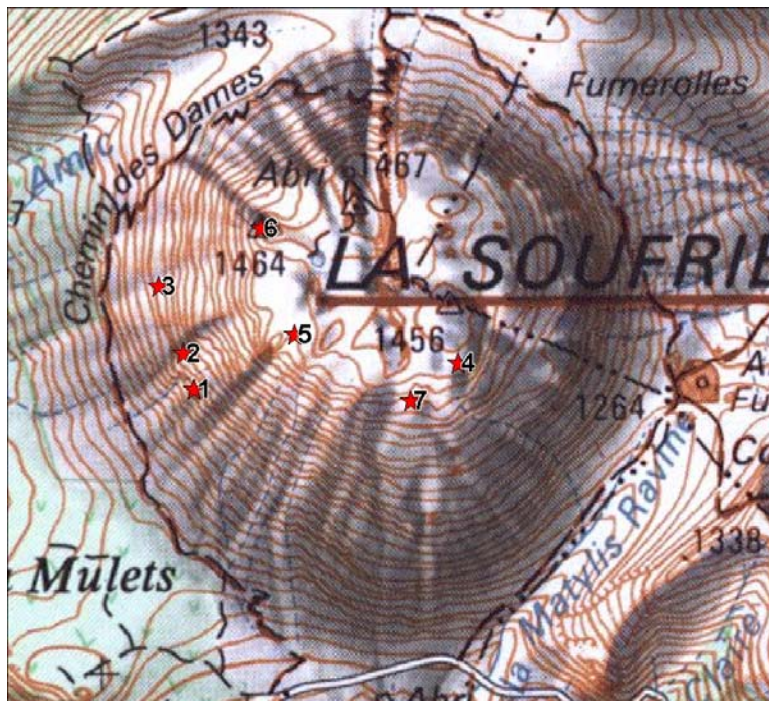


Figure 140 - Soufrière : carte de localisation des sites diagnostiqués.



Figure 141 - Soufrière site 2 : bloc instable sur formation meuble déstructurée.



*Figure 142 - Soufrière site 2 : bloc instable sur formation meuble déstructurée.*



*Figure 143 - Soufrière site 2 : niche d'arrachement de la coulée 1.*



*Figure 144 - Soufrière site 3 : niche d'arrachement de la coulée 2.*



*Figure 145 - Soufrière site 4 : bloc et sentier de l'Échelle en contrebas.*



*Figure 146 - Soufrière site 3 : bloc instable dans formation meuble.*



*Figure 147 - Soufrière site 4 : bloc fracturé du cratère sud.*



Figure 148 - Soufrière site 5 : bloc affaissé (plusieurs m<sup>3</sup>).



Figure 149 - Soufrière site 6 : piton Saussure crevassé.



Figure 150 - Soufrière site 7 : blocs déchaussés sur le flanc sud.



Figure 151 - Soufrière site 6 : crevasse dans le piton Saussure.



Figure 152 - Soufrière site 7 : niches d'arrachement dans les cendres du flanc sud.

## Diagnostic mouvements de terrain aux chutes du Carbet – Capesterre Belle Eau

<b>COMPTE RENDU DE DIAGNOSTIC D'URGENCE – Rapport Provisoire</b>	
Parc National de Guadeloupe	Numéro :
<b>Objet : Compte rendu de l'expertise de terrain réalisée pour le compte du Parc National de Guadeloupe</b>	
Date : 24/11/04	Lieu : <b>Deuxième Chute du Carbet - Guadeloupe</b>
Rédacteur : S. Bès de Berc	
Participants : Séverine Bès de Berc (BRGM)	
Diffusion : M. Jean Sébastien Nicolas (PNG), DRIRE, Préfecture (Cellule de Crise), Jean Yves Hervé (BRGM)	

### PRÉSENTATION DES OBJECTIFS

Dans le cadre de sa mission d'appui aux services de l'État, le BRGM a été missionné par le Parc National de Guadeloupe pour réaliser une expertise au niveau de la deuxième chute du Carbet (commune de Capesterre Belle Eau).

Suite aux importantes intempéries qui se sont abattues sur la Guadeloupe pendant ces dernières semaines et au séisme de magnitude 6.3 ayant eu lieu dimanche 21/11/04 à 7 h 41, un éboulement important s'est produit au niveau de la deuxième chute du Carbet (commune de Capesterre Belle Eau), haut lieu touristique de la Guadeloupe.

La falaise à l'origine de cette chute de 110 m de haut, est constituée à la base de coulées de débris de type lahar sur une épaisseur d'environ 80 m, surmontées de coulées de lave massives (andésites sombres à deux pyroxènes) structurée en orgues (colonnes) (fig. 153).

L'objectif de cette visite de terrain était de réaliser une reconnaissance de l'ensemble des désordres observés ainsi que l'expertise géologique pour définir le degré de gravité des différents phénomènes dans l'optique d'une fermeture provisoire complète ou partielle de l'accès à ce site très touristique.

Cette expertise de terrain s'est effectuée dans la matinée du 24 novembre 2004.

Les descriptions présentées ci-dessous, sont le résultat d'observations de terrain uniquement visuelles et devront être complétées autant que nécessaire par des études géotechniques.

### DÉROULEMENT DE LA MISSION

La mission a consisté en une visite de terrain au pied de la deuxième chute du Carbet pour observer les dégâts occasionnés par cet éboulement et tenter de comprendre les origines du phénomène. Un agent d'accueil du Parc était présent sur les lieux.

Les observations ont été réalisées au pied de la chute et depuis la passerelle qui permet son accès.

## **PRINCIPAUX RÉSULTATS**

L'éboulement affecte la partie supérieure de la falaise, à droite de la deuxième chute du Carbet (rive gauche de la rivière du Grand Carbet) sur une hauteur d'environ 35 m et une largeur d'environ 30 m en son maximum (fig. 154). L'épaisseur de la partie décrochée est de l'ordre de 2-3 m. On estime donc le volume éboulé à environ 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup>.

La surface de rupture est localisée sur toute la hauteur de la coulée de lave, depuis l'interface avec les coulées de débris à la base jusqu'au sommet de la falaise. La structuration du front de la coulée en colonnes est responsable de nombreuses irrégularités dans cette roche massive.

La majeure partie des blocs liés à l'éboulement se sont effondrés dans le bassin qui tient lieu de piscine naturelle au pied de la chute. Ces blocs ont obstrué une partie de cette vasque et dévié le cours de la rivière de quelques mètres vers le sud.

Au niveau du replat par lequel on accède à la chute, principal point d'observation sur la rive opposée à l'éboulement, on retrouve des blocs liés à l'éboulement. Les traces d'impact observées sur les rochers en place, dénotent de la puissance des chocs. La distance entre ces blocs et la falaise est de l'ordre de 80 m. La taille de ces blocs est de l'ordre de plusieurs centimètres jusqu'au mètre.

Quelques mètres sous la base de la niche d'arrachement, c'est-à-dire environ 80 m au-dessus de la rivière, sur un petit replat, on peut observer un nombre important de blocs tombés lors de l'éboulement mais restés sur cette vire en position très instable à quelques centimètres du bord. Ces blocs de tailles hétérogènes (pluricentimétriques à métriques) menacent de tomber à chaque instant.

À l'interface entre la coulée de lave et les coulées de débris, c'est-à-dire à la base de la niche d'arrachement, on peut observer une résurgence qui s'écoule le long de la falaise avec un débit relativement important et permanent. Cette résurgence est le signe d'un écoulement à l'intérieur de ces formations rocheuses pourtant massives et donc de la présence de fissures importantes dans la falaise.

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

L'éboulement la falaise à droite de la deuxième chute du Carbet a fragilisé la falaise. Des parties encore en place menacent de tomber.

La piscine naturelle au pied de la chute et utilisée par les visiteurs se situe directement sous l'éboulement majeur. Les blocs restés bloqués sur la vire sont eux aussi à l'aplomb de la piscine et menacent de tomber à chaque instant.

De plus, l'activité sismique liée à la secousse principale n'étant pas tout à fait terminée (nombreuses répliques sismiques encore actuellement), il est fort possible que des parties encore en place soient déstabilisées et tombent.

De fortes intempéries pourraient également provoquer un ravinement et la chute de ces blocs.

Les blocs projetés jusque sur l'autre rive dénotent de la puissance de cet éboulement et montrent que même sur l'autre rive, les visiteurs sont en situation de danger.

**En conclusion, il est extrêmement dangereux de laisser le libre accès au pied de la deuxième chute du Carbet sur un périmètre d'au moins 250 m.**

Il paraît obligatoire d'interdire de manière provisoire, complète ou partielle l'accès à la deuxième chute du Carbet jusqu'à ce qu'un diagnostic géotechnique de l'état de la falaise soit réalisé, suivi de travaux de protection.

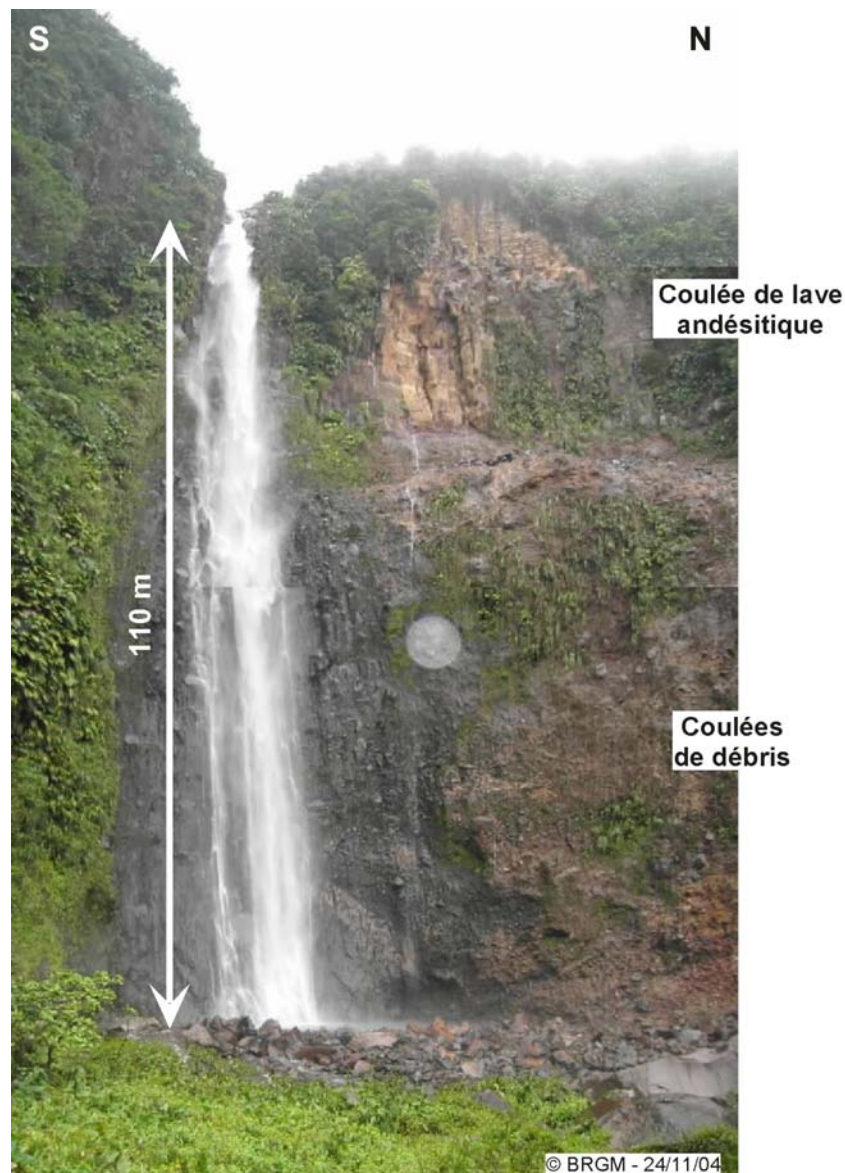
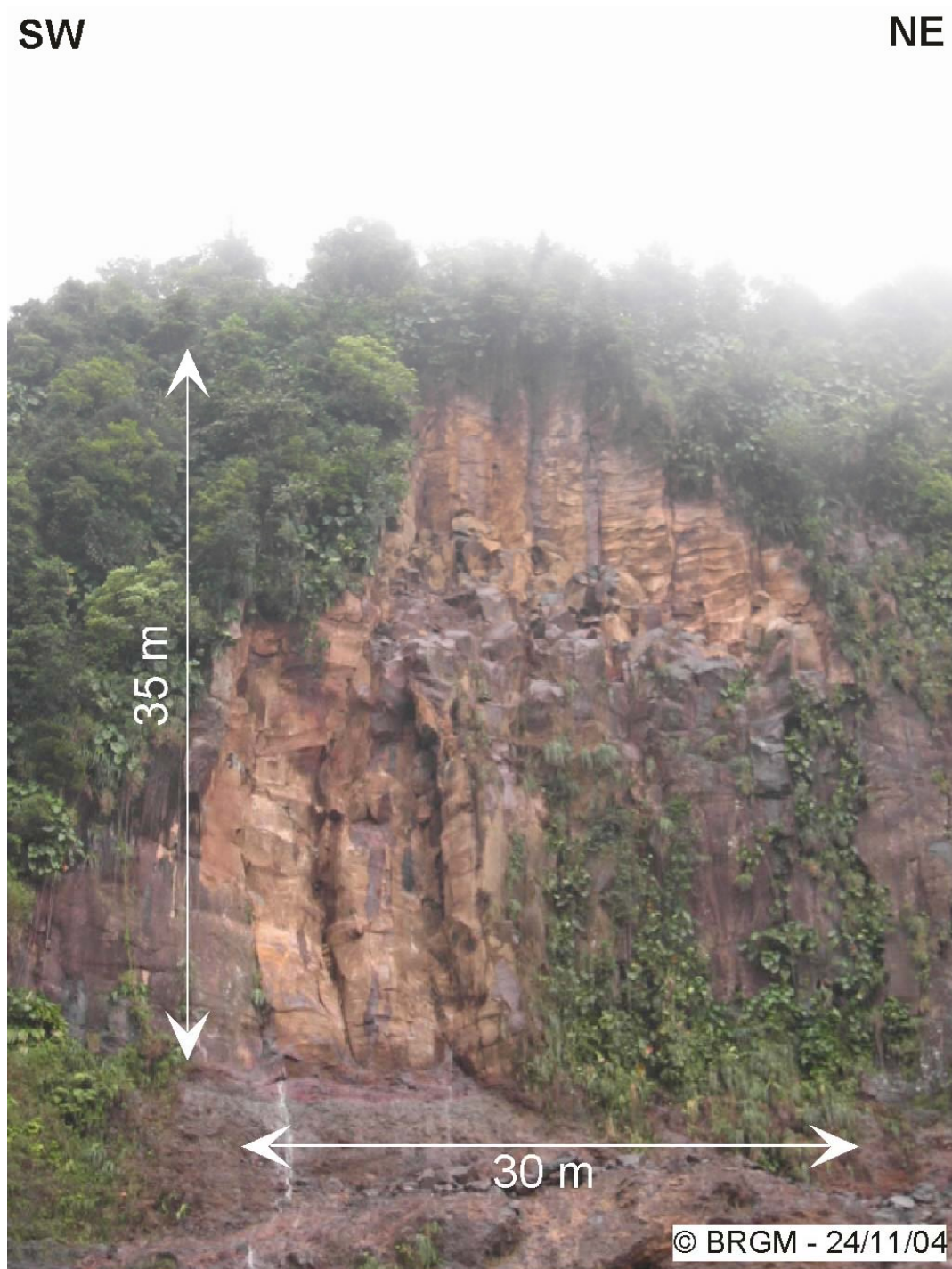


Figure 153 - Chutes du Carbet : éboulement rocheux à proximité de la deuxième chute.



*Figure 154 - Chutes du Carbet : cicatrice d'arrachement. Le front de la coulée de lave andésitique est structuré en colonnes.*





Figure 155 - Chutes du Carbet : blocs en instabilité 80 m au-dessus de la piscine naturelle et résurgence à l'interface entre les deux formations.



Figure 156 - Chutes du Carbet : bloc pluricentimétrique projeté sur l'autre rive (environ 80 m de la falaise) pendant l'écoulement.

**Diagnostic mouvements de terrain aux lieux-dits  
Poirier, Sainte-Marie et Saint-Sauveur- Capesterre Belle Eau**



Gourbeyre, le 24 novembre 2004

MAIRIE DE CAPESTERRE BELLE-EAU  
Monsieur le Maire  
Rue Paul Lacavé  
97130 CAPESTERRE BELLE-EAU

**Objet :** Expertise mouvements de terrain

Monsieur le Maire,

À la demande de vos services techniques, transmis par la DDE, le BRGM est intervenu le 24 novembre 2004 pour évaluer les risques immédiats sur des habitations affectées par des mouvements de terrain à la suite des derniers événements climatiques et sismiques.

Vous trouverez ci-après une description des événements observés et les actions immédiates recommandées pour la protection des personnes et des biens. Je tiens à souligner le danger général que représentent les falaises côtières en régression pour de nombreuses maisons situées en bordure de côte.

Cette intervention a été réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM, sur la ligne budgétaire « Appuis aux administrations – Gestion de crise ». Elle ne vous sera pas facturée.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes sentiments distingués.

Jean-Yves HERVE

Directeur Régional du BRGM

Copies :

Par fax Mairie : 05-90-86-99-21

DDE

DRIRE

## **1/ Maison de Mme BRUNO, lieu-dit « Poirier »**

**Situation** : maison située au lieu dit « Poirier », en haut d'une falaise verticale en bordure de mer.

**Désordres observés** : effondrement d'un pan de falaise (4 à 6 m de largeur estimée) dans le jardin en bordure de maison.

**Constat** : de nombreux éboulements sont visibles sur l'ensemble de la falaise situé entre la Grande Pointe et la Pointe Constant. L'un d'eux a affecté une partie conséquente du jardin de cette habitation entraînant en pied de falaise une petite structure (poulailler). Pas de risque immédiat pour l'habitation elle-même. Mais la falaise gorgée d'eau n'est pas encore stabilisée et de nouveaux effondrements peuvent se produire à tout instant.

**Recommandation immédiate** : interdire l'accès en bordure de falaise. Installer un balisage ou une barrière 5 m minimum en arrière de l'à-pic sur la mer.

**Recommandation générale** : problème général d'érosion côtière observé sur tout le secteur. À plus ou moins long terme (quelques années), c'est la maison elle-même qui sera affectée par l'érosion régressive de la falaise. Il paraît impératif qu'une action soit engagée dès l'année prochaine, afin :

- d'apprécier les phénomènes d'érosion observés : inventaire des événements, principales tendances et impacts sur le littoral, sensibilité à l'érosion, appréciation de la vitesse de l'érosion régressive ;
- d'évaluer le rôle relatif dans les éboulements des différents facteurs en jeu : formations géologiques, saturation des sols en eau, bathymétrie, courants côtiers, effets de houle ;
- de rechercher des solutions pouvant permettre de remédier aux désordres ou d'en éviter de nouveaux.

Rapidement, afin de pouvoir évaluer le problème dans sa globalité, nous proposons qu'une inspection visuelle complète des falaises côtières de la commune soit menée, d'une part depuis la mer, puis à terre sur les principaux points singuliers qui auront été observés.

## **2/ Maison « Tine » à Sainte-Marie**

**Situation** : maison située à Sainte-Marie, en haut d'une falaise en bordure de mer.

**Désordres observés** : effondrement d'un pan de falaise au ras des maisons, affectant la semelle de la dalle de la maison.

**Constat** : des éboulements sont également visibles tout au long de la petite falaise qui borde le village. L'un d'eux affecte sérieusement la construction observée. La falaise

est gorgée d'eau. Elle n'est pas stabilisée et de nouveaux effondrements peuvent se produire à tout instant.

**Recommandation immédiate** : évacuation et abandon de l'habitation.

**Recommandation générale** : problème général d'érosion côtière, avec présence de nombreuses constructions et habitations légères au ras de la falaise. Même recommandation qu'en 1/ en ce qui concerne le long terme.

### 3/ Maisons Ramissamy à Saint-Sauveur

**Situation** : maisons situées à Saint-Sauveur, en haut d'une falaise élevée fortement inclinée surplombant la mer.

**Désordres observés** : petits effondrements multiples mais de faible ampleur en bordure de la falaise.

**Constat** : des éboulements sont visibles sur l'ensemble de la falaise. La falaise est peu ou mal stabilisée par endroit et de nouveaux effondrements, bien que probablement de faible ampleur, peuvent se produire à tout instant.

**Recommandation immédiate** : le petit chemin bordant la falaise présente par endroit un danger potentiel d'effondrement. À surveiller.

**Recommandation générale** : problème général d'érosion côtière régressive. Les pentes sont moins verticales et les éboulements de plus faibles ampleurs que dans les deux premiers cas. Même recommandation qu'en 1/ en ce qui concerne le long terme.

## CONCLUSIONS

Sur les trois sites et les zones environnantes, les désordres constatés sur les falaises sont liés à la fois :

- à la saturation des sols en eau suite à une année particulièrement pluvieuse ;
- à une forte érosion côtière.

Le séisme de dimanche dernier a pu être, dans certains cas, un déclencheur mais n'apparaît pas comme la cause principale des éboulements observés.

La saturation des sols pourra être limitée par un meilleur drainage et des évacuations plus efficaces des eaux pluviales et de ruissellement.

L'érosion côtière devra faire dans les meilleurs délais l'objet d'une observation visuelle et d'un inventaire global des désordres tout au long de la côte. Par la suite, une étude plus complète du phénomène devra être menée en vue de comprendre les mécanismes conduisant aux phénomènes d'érosion observés (cf. recommandation générale).

Dans l'immédiat :

- les sites n° 1 et 3 devront faire l'objet d'une surveillance quant à leur évolution ;
- le site n° 2 doit être évacué et abandonné.

Jean-Yves HERVE  
Directeur Régional



*Figure 157 – Capesterre : maison en bordure de la falaise côtière effondrée.*



*Figure 158 – Capesterre : maison en bordure de la falaise côtière effondrée.*

## **Diagnostic mouvements de terrain au lieu-dit Trou aux Chiens - Capesterre Belle Eau**

Gourbeyre, le 13 décembre 2004

À la demande du conseil régional, le BRGM s'est rendu au lieu dit « Trou aux Chiens » le 11 décembre 2004 pour réaliser un diagnostic des désordres survenus lors du séisme du 21 novembre 2004 à 7 h 41.

**Situation** : la maison de M. Hamousin - Clotaire est située à l'extrémité orientale d'un plateau étroit délimité au SW par une ravine d'une soixantaine de mètres de profondeur et dont les parois sont verticales. La maison située à environ 8 m de la bordure de la ravine avant les éboulements, n'est plus actuellement située qu'à 3-4 m de la falaise.

**Désordres observés** : au moment de la secousse sismique principale, la falaise s'est effondrée dans la ravine sur une largeur d'environ 5 m au droit de la maison (selon le propriétaire) et sur une longueur d'une cinquantaine de mètres parallèlement à la ravine.

**Constats** : on observe de nombreux éboulements au fond de la ravine provenant de ce versant mais également de l'autre côté de la ravine, côté Chemin Neuf.

Sur la propriété de M. Hamousin - Clotaire, depuis sa maison jusqu'à l'extrémité orientale du terrain, on observe de nombreuses fissures dans le sol apparues suite à l'éboulement principal. Ces fissures sont observées sur toute la longueur du terrain et jusqu'à la maison. La maison est également affectée de quelques petites fissures à l'intérieur.

Quelques dizaines de mètres au NW, au niveau de la maison précédente, la piste est affectée de petites fissures qui se sont formées suite au séisme et aux éboulements de la falaise. De plus, un manguier de grande taille est situé sur la bordure de la ravine face à la maison, et les éboulements ont mis à nu une partie de ses racines. Sa chute pourrait déstabiliser la falaise.

D'autre part, des observations faites de l'autre côté de la ravine, nous ont permis de noter la présence de glissements qui menacent la chaussée en rive droite.

Le phénomène observé sur l'ensemble de la falaise de la ravine est un phénomène préexistant de grande ampleur, dont le séisme a été le déclencheur.

**Recommandations immédiates** : la maison de M. Hamousin - Clotaire a été évacuée quelques jours après les éboulements. Nous confirmons la nécessité de cette évacuation.

Nous attirons également l'attention sur l'évolution de la falaise au droit de la maison située plus au NW sur le même chemin. Elle est située à quelques mètres seulement de la bordure de la ravine et le chemin qui la sépare de la falaise présente également

quelques fissures. Nous suggérons enfin d'abattre préventivement le manguier situé en bordure de la falaise.

### Conclusions :

Selon les atlas communaux des risques naturels réalisés par le BRGM en 1991, la propriété de M. Hamousin - Clotaire, la maison est située au-dessus et la route rive droite de la ravine sont situées sur une zone d'aléa mouvements de terrain moyen à élevé. La forte érosion de la rivière du Trou aux Chiens, ainsi que la morphologie très verticale des bordures de cette ravine, laissent envisager que ces falaises vont continuer à s'ébouler, et à rogner progressivement le plateau de Trou aux Chiens, mettant en danger la piste d'accès, les habitations et aménagements situés au sommet. Un phénomène sismique pourrait déclencher ou amplifier ces événements.

Nous confirmons l'évacuation de la maison de M. Hamousin - Clotaire. D'autre part, il paraît urgent de réaliser une étude géotechnique sur la stabilité de l'habitation située plus à l'ouest sur le chemin. Elle est menacée par la proximité de la bordure de la ravine qui pourrait s'effondrer en particulier lors d'une nouvelle secousse sismique ou de fortes pluies.

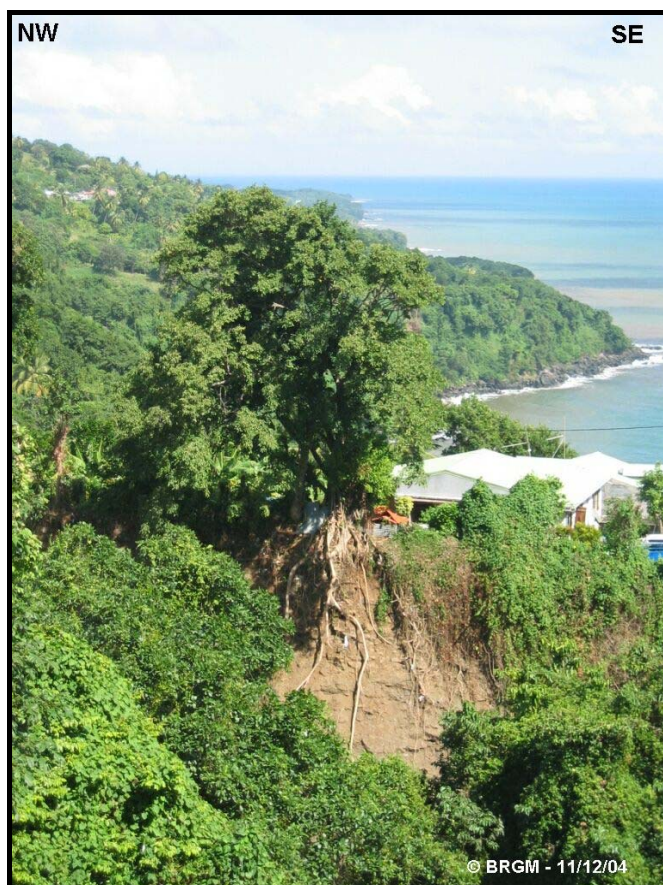


Figure 159 - Trou aux Chiens : vue de la maison de M. Hamousin - Clotaire et de la bordure de la falaise éboulée lors du séisme du 21/11/04.





*Figure 160 - Trou aux Chiens : vue de la maison et du terrain de M. Hamousin - Clotaire depuis l'autre coté de la ravine (Chemin Neuf).*



*Figure 161 - Trou aux Chiens : manguier qui menace de tomber et maison menacée par les éboulements de la falaise.*

## Diagnostic Mouvements de terrain, route RN1 - Petit Bourg

COMPTE RENDU DE DIAGNOSTIC D'URGENCE	
DDE	
<b>Objet : Compte rendu de l'expertise de terrain réalisée pour le compte de la DDE</b>	
Date : 26/11/04	Lieu : RN1 - Petit Bourg
Rédacteur : S. Bès de Berc	
Participants : Séverine Bès de Berc (BRGM)	
Diffusion : M. Mazur (DDE), Jean-Yves Hervé (BRGM), DRIRE, Préfecture (Cellule de Crise)	

### PRÉSENTATION DES OBJECTIFS

Dans le cadre de sa mission d'appui aux services de l'État, le BRGM a été missionné par la DDE pour réaliser une expertise d'urgence sur la RN1, affectée par un glissement de terrain de grande ampleur à hauteur de Petit Bourg.

Le glissement s'est produit le vendredi 19 novembre à 19 h 45, suite aux importantes intempéries qui se sont abattues sur la Guadeloupe les semaines précédentes.

L'objectif de cette visite était de réaliser une reconnaissance des désordres observés ainsi que l'expertise géologique pour définir le degré de gravité du phénomène dans l'optique d'une réouverture partielle de la route, principale voie d'accès entre Pointe-à-Pitre et Basse Terre (deux fois deux voies).

Les descriptions présentées ci-dessous, sont le résultat d'observations visuelles de terrain. Elles devront être complétées autant que nécessaire par des études géotechniques.

### DÉROULEMENT DE LA MISSION

Cette expertise de terrain s'est effectuée dans la matinée du samedi 20 novembre 2004.

Une nouvelle visite a été réalisée dans la matinée du lundi 22 novembre 2004, le lendemain de la secousse sismique qui a affecté la Guadeloupe (dimanche 21/11/04 – 7 h 41 ; magnitude 6.3).

La mission a consisté en une visite de terrain sur le site depuis la RN1 au pied du glissement, puis par le sommet du Morne, à partir du lieu dit Blonde (propriété de M. Romain).

### PRINCIPAUX RÉSULTATS

Environ 250 m après l'échangeur de Petit Bourg (dans le sens Pointe-à-Pitre – Basse

Terre), le talus est de la RN1, d'une pente moyenne de 55° (jusqu'à 70° localement) s'est effondré sur toute sa hauteur (15-20 m environ) et sur une longueur de 45-50 m. Le glissement a traversé la chaussée, renversant une voiture qui se trouvait coté droit dans le sens Basse Terre - Pointe-à-Pitre (2 fois 2 voies) et qui s'est retrouvée à l'opposé de la chaussée sur le toit.

Le glissement a totalement comblé la chaussée sur une épaisseur de 3-4 m environ.

La profondeur du plan de rupture dans le talus est de 1 m au sommet et d'environ 3 m à la base.

La pente créée par le glissement est de l'ordre de 70° à subverticale.

On estime que le volume mobilisé par de glissement de terrain est de 3 000 à 4 000 m<sup>3</sup>.

Les formations géologiques affectées par ce glissement de terrain correspondent au complexe volcanique anté-miocène. Il s'agit de formations volcaniques très altérées et totalement argilisées, dans lesquelles on distingue des passées conglomératiques. Le niveau d'altération de ces séries est un des critères de leur manque de cohésion.

Dans la nuit du 19/11/04 au 20/11/04, la DDE a dégagé une grande partie des dépôts glissés sur la chaussée et créé un talus provisoire contre la paroi.

Lors de notre visite sur le terrain dans la matinée du 20/11/04, l'intensité des précipitations n'avait pas diminué, provoquant un ravinement important du plan de rupture et du talus provisoire.

Au sommet du talus, dans la partie la plus méridionale (propriété de M. Romain), nous avons observé à environ 3-4 m de la bordure du talus des fissures/crevasses ouvertes de quelques millimètres, et d'une extension de 5-6 m, parallèlement à la bordure du talus. Ces crevasses sont le signe d'un nouveau plan de rupture en formation.

Les pluies de ruissellement viennent s'écouler dans cette zone déjà très instable.

Dans la partie la plus septentrionale, le sommet du talus est plus plat et une importante quantité d'eau s'y accumule, continuant de s'infiltrer dans les formations géologiques sous-jacentes et déjà saturées en eau.

La secousse sismique du 21/11/04 a provoqué de nouveaux glissements et une petite coulée a de nouveau traversé la chaussée de part et d'autre. Cette secousse a eu pour résultat de purger le site des instabilités encore présentes.

Une nouvelle visite, le 22/11/04, nous a permis de constater que, les intempéries s'étant calmées, le site avait partiellement séché et s'était stabilisé.

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

On peut expliquer les origines de cet important glissement de terrain par trois critères majeurs :

- les formations géologiques très argilisées (facteur permanent) ;
- la pente trop forte du talus (action anthropique) ;
- les fortes pluies qui ont saturé le talus en eau (facteur déclenchant).

L'action anthropique non appropriée à ce type de contexte géologique et la saturation en eau sont donc responsables de cet événement.

L'ensemble du talus présentait de nombreuses instabilités et le glissement lui-même a fragilisé le site. La nouvelle pente créée s'est retrouvée bien au-delà du seuil de stabilité.

Les conditions climatiques très mauvaises perduraient le 20/11/04 au matin, provoquant d'importants ruissellements et ravinements. L'ensemble du site était très instable et dangereux.

Toutes ces observations nous ont incités à déconseiller la poursuite des travaux de déblai et bien entendu la réouverture prématurée de la RN1 en date du 20/11/04. Il semblait indispensable d'attendre la fin des précipitations et de laisser à ce site le temps de sécher.

Le 21/11/04, nous avons constaté que le site était moins instable et qu'il était dès alors possible de continuer les travaux de déblai et de rétablir rapidement la circulation sur la voie opposée au glissement.

Mais **l'ensemble du site reste instable et dangereux** et il faudra prendre attention à :

- prévenir de nouvelles instabilités qui pourraient survenir lors des travaux de déblais ;
- trouver une solution définitive pour la stabilité de ce talus et la protection des habitations qui se situent en amont du glissement ;
- envisager d'améliorer les écoulements des eaux pluviales et de ruissellement sur le sommet du Morne afin de limiter les infiltration dans les terrains.



Figure 162 - RN1 : glissement vu depuis la chaussée.



*Figure 163 - RN1 : glissement vu du dessus (propriété M. Romain).*

## **Diagnostic mouvements de terrain au lieu dit Fond Laugier - Pointe-à-Pitre**

Gourbeyre, le 03 décembre 2004

À la demande de la sous-préfecture, un expert du BRGM (S. Bès de Berc) s'est rendu dans le quartier de Fond Laugier, situé en limite de commune entre les Abymes et Pointe-à-Pitre, le jeudi 02 décembre 2004 pour réaliser un diagnostic suite aux deux éboulements qui ont affecté ce quartier.

### **Observations :**

À la suite des importantes précipitations qui ont persisté sur la Guadeloupe pendant plusieurs semaines, des éboulements se sont produits le 22 octobre, puis à nouveau le 20 novembre 2004, dans le quartier de Fond Laugier, détruisant plusieurs cases, sans faire de victimes.

D'un point de vue géologique, le quartier de Fond Laugier est situé à la bordure sud du secteur des Grands Fonds, caractérisé par de nombreux mornes constitués de formations marno-calcaires très altérées et fracturées. Dans ce quartier, les formations montrent une karstification particulièrement avancée. La nature des terrains et l'état naturel de karstification du morne le rendent très poreux. Visiblement, les infiltrations des eaux pluviales et d'assainissements accélèrent les processus d'altération et de fracturation.

La zone d'effondrement correspond au front de taille d'une ancienne carrière datant des années soixante : la falaise, d'une vingtaine de mètres de haut, a été sous-cavée ultérieurement par les habitants pour gagner du terrain. On constate que les flancs du morne, en dehors de l'ancienne carrière, présentent des pentes naturelles assez fortes, mais stables. Seule la falaise anthropique semble actuellement sujette aux éboulements.

Le plan de rupture de l'éboulement du 22 octobre concerne une vingtaine de mètres de largeur sur une hauteur d'une quinzaine de mètres. La falaise est subverticale, rarement surplombante.

L'éboulement du 20 novembre 2004, s'est produit quant à lui en prolongation du premier, à quelques mètres à l'est.

La falaise à cet endroit était subverticale à surplombante. Elle avait été parfois sous-cavée pour faciliter l'installation de cases. L'éboulement s'est produit sur une largeur d'environ 20 m et une hauteur d'environ 15 m. La profondeur de la rupture est estimée à 2 ou 3 m. Le volume mobilisé dans cet éboulement est de l'ordre de 900 m<sup>3</sup>.

Il faut noter qu'en l'état la falaise reste sujette à de nouveaux éboulements et présente un danger potentiel certain pour les riverains situés tant au pied qu'au sommet du morne, et ce tant que des travaux ne seront pas réalisés pour remédier au danger.

### **Conclusion :**

Le quartier de Fond Laugier est situé à la base d'un morne aux flancs abrupts et très altérés, dans une ancienne carrière présentant une zone d'aléa fort (signalée dans l'atlas communal correspondant). Le morne lui-même est constitué de formations marno-calcaires très altérées et fracturées qui se débitent en blocs de taille importante (jusqu'à plusieurs m<sup>3</sup>). L'ancien front de taille de la carrière a été sous-cavé pour faciliter l'installation des cases qui se situent à son pied. Le fait d'excaver la base de la falaise, l'a rendu encore plus instable qu'elle ne pouvait l'être à l'origine, du fait de ses caractéristiques géologiques et morphologiques.

Outre les infiltrations habituelles d'eau pluviales et d'assainissement en tête de morne, les importantes précipitations qui ont sévi sur la Guadeloupe pendant ces dernières semaines ont engendré une intense circulation d'eau supplémentaire à l'intérieure de la formation poreuse et fracturée.

L'action anthropique qui est à l'origine des modifications du profil de la falaise est le facteur principal de déstabilisation de cette zone. Les intempéries, qui ont par la suite saturé les sols en eau, ont favorisé le déclenchement des éboulements.

### **Recommandations :**

Nous soulignons que l'ensemble du site concerné par ces désordres se trouve dans une zone d'aléa fort en ce qui concerne les mouvements de terrain (cf. carte des aléas ci-dessous extrait des atlas communaux) et qu'il doit faire, en conséquence, l'objet de précautions vis-à-vis de cet aléa.

Deux solutions paraissent envisageables pour stabiliser la falaise :

- la première, proposée dans l'étude de GEOMAT Antilles, consiste à réaliser un confortement par des techniques adéquates vis-à-vis de la morphologie et de la géologie (cloutage, béton projeté, mur de soutènement), après avoir purgé la falaise des éléments encore instables. Nous émettons cependant une réserve face à cette solution, certes assez classique, mais qui pourrait ne pas présenter une efficacité à long terme compte tenu de la qualité et de l'état d'altération des matériaux en profondeur ;
- la deuxième consiste à réaliser un reprofilage de la falaise afin de lui redonner une pente conforme aux impératifs de stabilité géotechnique ainsi que préconisé pour l'abandon des carrières : limitation de la hauteur de la falaise et réalisation d'un profil de pente conforme aux contraintes des matériaux (cf. les recommandations de la DRIRE en la matière). Ce reprofilage permet une stabilité durable mais implique une emprise sur des espaces qui seront rendus impropres à la construction tant en pied qu'en tête de morne.

Nous proposons, afin de permettre un choix opérationnel aux décideurs entre ces deux possibilités (coûts et conséquences sur l'aménagement du quartier), de faire intervenir un bureau d'études géotechnique qui devra évaluer les moyens à mettre en œuvre, les conséquences sur l'aménagement du quartier et les coûts correspondants à chacune des solutions.

Dans les deux cas, il faudra penser à limiter autant que possible la saturation en eau des sols en tête du morne. Il est en effet impératif de réduire les infiltrations des eaux pluviales et d'assainissement dans les terrains concernés en prévoyant un système de collecte et de drainage approprié à la configuration du site.

Parallèlement, il faut noter les deux observations suivantes :

- un des bâtiments situés au sommet du morne, à l'aplomb des éboulements majeurs, est localisé à une dizaine de mètres à peine des plans de rupture. Nous y avons observé quelques déformations et fissures prémisses d'un possible futur glissement dont il conviendrait de surveiller l'évolution ;
- à quelques dizaines de mètres plus à l'ouest, une série d'immeubles récents est située en bordure de la falaise. Ces bâtiments pourraient également être concernés, à plus long terme, par les instabilités de la falaise dans son état actuel.

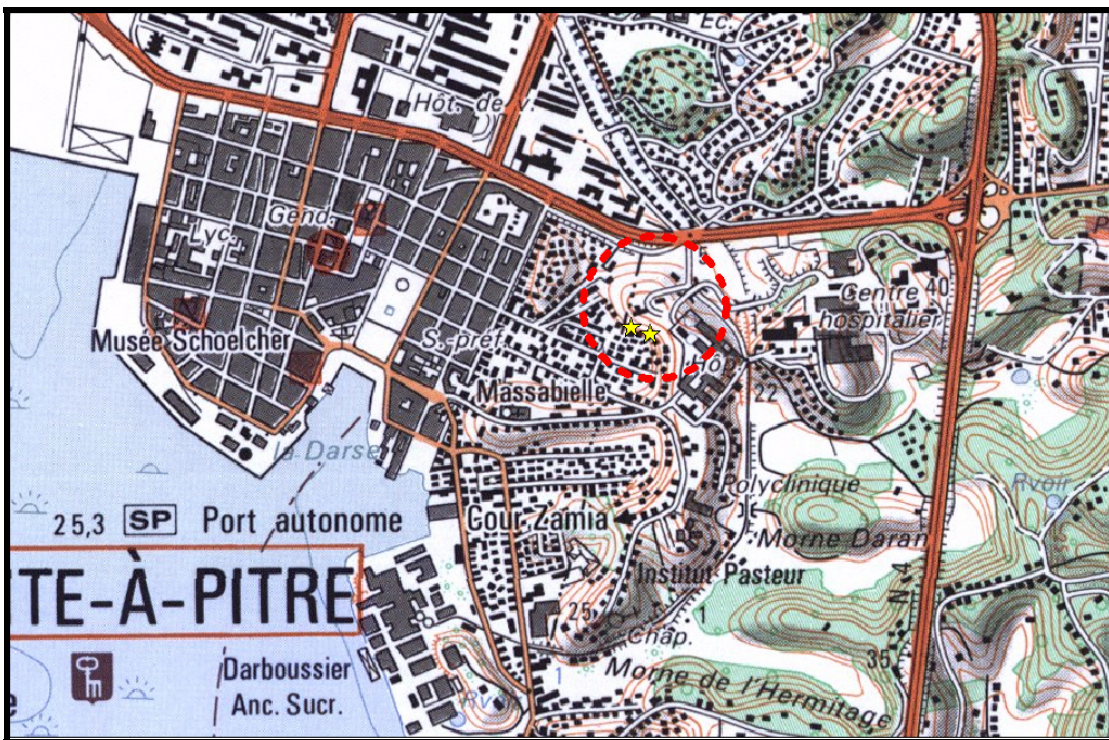


Figure 164 - Fond Laugier : localisation de la zone affectée par les éboulements.



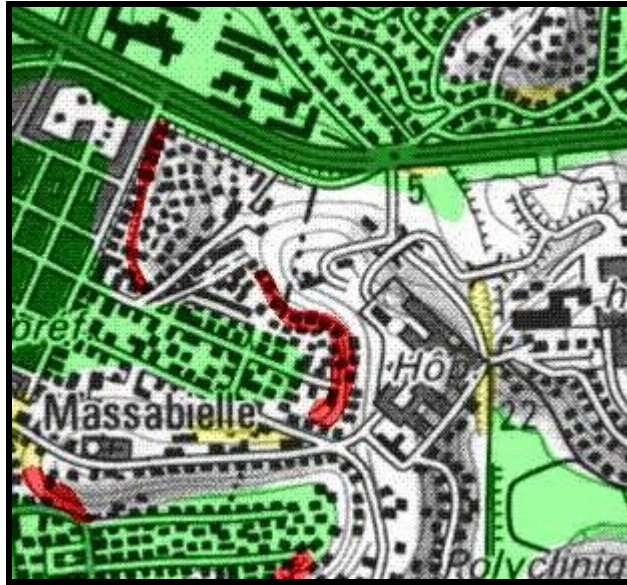


Figure 165 - Fond Laugier : carte des aléas mouvements de terrain (Atlas communaux des Risques Naturels de la Guadeloupe – BRGM).



Figure 166 - Fond Laugier : vue générale de l'éboulement du 20 novembre 2004.



© BRGM - 02/12/04

*Figure 167 - Fond Laugier : maison endommagée.*

## Diagnostic de mouvements de terrain au bourg - Baie - Mahault

Gourbeyre, le 16 décembre 2004

À la demande des services techniques de la ville de Baie Mahault et sous couvert de la préfecture, le BRGM (S. Bès de Berc) a réalisé un diagnostic de mouvements de terrain survenus lors du séisme du 21 novembre 2004.

### 1/ Maisons Morvany et Henri

**Situation** : les maisons de M. Morvany et Henri sont situées au nord de la ville de Baie Mahault, en bordure de la baie du même nom à une quinzaine de mètres du littoral. D'un point de vue géologique, les maisons sont construites sur des formations géologiques très altérées de type argiles rouges.

**Désordres observés** : aux cours des inondations du mois de mai 2004, un glissement de terrain s'était formé à proximité des deux maisons mitoyennes (d'après les services techniques de Baie Mahault), provoquant un affaissement brutal d'environ 50 cm de dénivelé quelques mètres en contrebas des habitations.

Les événements climatiques et sismiques du mois de novembre 2004 ont réactivé le glissement, provoquant une propagation de l'affaissement plus en amont, au niveau des maisons.

**Constats** : les terrasses des deux maisons côté littoral se sont affaissées de plusieurs centimètres, mettant à jour une partie des fondations, et faisant apparaître quelques fissures sur les murs extérieurs. Ces glissements sont des phénomènes liés à un processus d'érosion côtière d'une part et aux importants ruissellements des eaux pluviales et usées d'autre part. L'absence de drainage et les secousses sismiques ont réactivé et amplifié le phénomène.

**Conclusions et recommandations** : il n'y pas de danger immédiat pour les deux habitations et leurs occupants, mais le glissement va très certainement se propager plus en amont sous les maisons, en particulier lors de fortes pluies ou de nouvelles secousses sismiques. Si l'on n'envisage pas rapidement des parades pour stopper ou atténuer le phénomène, les maisons risqueraient d'être déstabilisées, mettant en danger leurs habitants.

Nous recommandons l'intervention d'un bureau d'études géotechniques, afin d'étudier :

- la stabilité du sous-bassement des maisons ;
- les parades envisageables pour atténuer la progression du phénomène (confortements...);
- l'aménagement d'un drainage efficace pour éviter l'érosion liée aux écoulements des eaux pluviales et des eaux usées.

## 2/ Monument aux Morts

**Situation** : le terrain situé derrière le monument aux Morts de Baie Mahault en bordure du littoral correspond à une butte d'une quinzaine de mètres de haut, plane au sommet et dont le versant nord (coté littoral) est relativement abrupt (supérieur à 40°). La butte est constituée d'argiles rouges et de remblais de même constitution, l'ensemble étant très mal consolidé.

**Désordres observés** : la butte est affectée d'un glissement qui a provoqué l'affaissement de la partie septentrionale d'une cinquantaine de centimètres. Ce phénomène est caractérisé par la présence au sommet de la butte d'une fissure semi-circulaire ouverte d'une trentaine de centimètres.

**Constats** : le type de formation géologique et la forte pente du versant nord de la butte sont des facteurs de prédisposition à la formation du glissement. Les importantes précipitations (absence de drainage) et le séisme ont été les déclencheurs du phénomène.

**Conclusions et recommandations** : l'affaissement observé au sommet de la butte correspond à l'initiation d'un important glissement de terrain qui pourrait se déclencher à n'importe quel moment et plus particulièrement lors de fortes précipitations ou de nouvelle secousse sismique, mettant en danger les personnes qui se situeraient dans la zone.

Nous recommandons fortement l'intervention d'un bureau d'études géotechniques pour étudier :

- la stabilité de la butte et les moyens de confortements ou de reprofilage qui pourraient y être appliqués pour éviter l'enclenchement d'un processus plus grave ;
- la mise en place de moyens de drainage efficaces qui permettront de limiter l'érosion liée aux écoulements des eaux pluviales sur les versants de la butte.



Figure 168 - Baie Mahault : localisation des désordres observés.



Figure 169 - Baie Mahault : affaissement de la terrasse de la maison de M. Henri et apparition des fondations.



*Figure 170 - Baie Mahault : glissement au sommet de la butte derrière le monument aux Morts.*

## Diagnostic mouvements de terrain au lieu-dit Calvaire Chapelle - Baie Mahault

Gourbeyre, le 16 décembre 2004

À la demande des services techniques de la ville de Baie Mahault et sous couvert de la Préfecture, le BRGM (S. Bès de Berc) a réalisé un diagnostic de mouvements de terrain survenus lors des inondations du mois de mai 2004 et réactivés lors du séisme du 21 novembre 2004.

**Situation** : le talus amont de la route communale qui relie les routes départementales 1 et 2 en passant par Calvaire Chapelle est affecté de plusieurs glissements de terrain. Dans la partie la plus méridionale des glissements, deux maisons sont situées au sommet du talus à une vingtaine de mètre du bord.

**Désordres observés** : aux cours des inondations du mois de mai 2004, le talus amont de la route a été affecté de plusieurs glissements de terrain, dont certains se sont transformés en coulées boueuses qui ont traversé la chaussée.

Suite aux inondations et aux secousses sismiques du mois de novembre 2004, certains glissements se sont réactivés, continuant à creuser le talus et se propageant plus en amont.

**Constats** : l'ensemble du talus amont de la route, d'une pente de l'ordre de 40° est constitué d'argiles rouges, formations géologiques peu consolidées. La forte pente, le type de formation géologique et les importants ruissellements ont rendu le talus très instable. Les glissements initiés au mois de mai sont soumis au phénomène d'érosion régressive qui entraîne des instabilités plus profondes et plus en amont.

**Conclusions et recommandations** : il n'y pas de danger immédiat pour les maisons situées au sommet du talus. Cependant, les instabilités vont très certainement se propager, particulièrement lors de fortes intempéries ou de nouvelles secousses sismiques, mettant potentiellement en danger les usagers de la chaussée.

Nous recommandons donc l'intervention d'un bureau d'études géotechniques pour étudier :

- les possibilités de stabiliser le talus (confortement ou retalutage) ;
- la mise en place de dispositifs de drainage pour éviter le ruissellement sur le talus qui engendrerait la propagation des glissements de terrain.

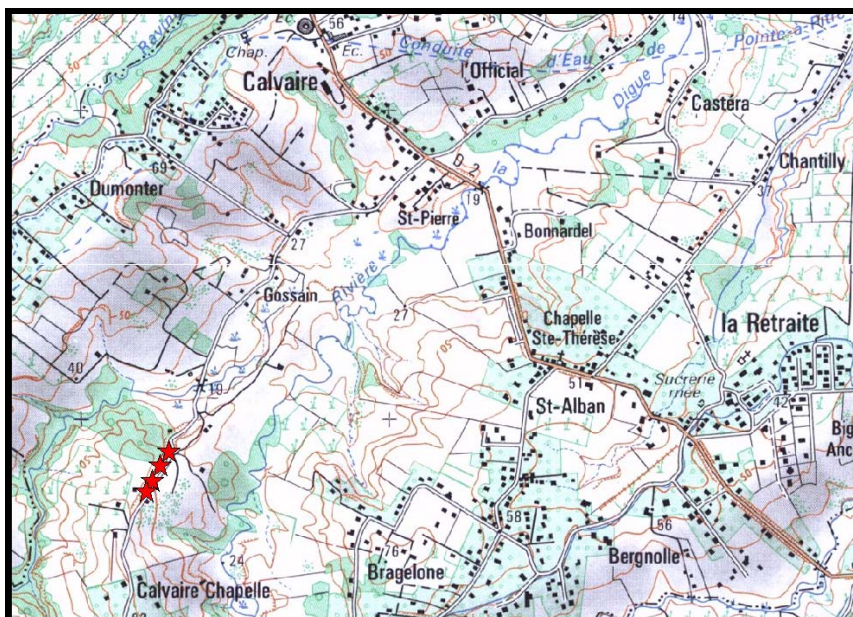


Figure 171 - Calvaire Chapelle : localisation des désordres liés aux inondations de mai 2004 et réactivés en novembre 2004.



Figure 172 - Calvaire Chapelle : glissements sur le talus amont de la chaussée.





**Centre scientifique et technique  
Service aménagement et risques naturels**  
3, avenue Claude-Guillemin – BP 6009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Guadeloupe**  
Route de l'Observatoire  
Morne Houélmont  
97113 – Goubeyre – France  
Tél. : 05 90 41 35 48