

CDSA

Centre de Données

Sismologiques des
Antilles

SEISME DES SAINTES 21 NOVEMBRE 2004

**Rapport de synthèse
8 Décembre 2004**

Toute information provenant de ce rapport doit être référencée comme suit : *D. Bertil, S. Bazin, D. Mallarino, F. Beauducel. Séisme des Saintes - Rapport de Synthèse, Centre de Données Sismologique des Antilles, 8 décembre 2004.*



TABLE DES MATIERES

CENTRE DE DONNÉES SISMOLOGIQUES DES ANTILLES (CDSA).....	3
SÉISME DU 21 NOVEMBRE 2004	4
LOCALISATION ET MAGNITUDE	5
LONGUEUR DE RUPTURE ASSOCIÉE AU SÉISME.....	8
CONTEXTE TECTONIQUE	9
SISMICITÉ HISTORIQUE ET INSTRUMENTALE CONNUE	11
ACCÉLÉRATIONS DE PIC (PGA) ET EFFETS DE SITES	15
INTENSITÉS MACROSISMIQUES	19
LES RÉPLIQUES DU SÉISME	21
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	26
ANNEXE B : PHOTOS	28

Centre de Données Sismologiques des Antilles (CDSA)

Le Centre de Données Sismologiques des Antilles a pour mission le traitement et la mise à disposition au public d'informations techniques et scientifiques concernant l'activité sismique dans l'archipel des Petites Antilles.

C'est une collaboration entre l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), le BRGM et l'Université des Antilles et de la Guyane, impliqués respectivement dans la recherche fondamentale en sismologie, l'étude de l'aléa et du risque sismique et la recherche en géologie dans l'archipel.

Le CDSA se met progressivement en place dans le cadre du CPER-DOCUP 2000-2006 soutenus par la Région Guadeloupe, l'État, le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et les deux principaux partenaires IPGP et BRGM. Il sera complètement opérationnel en 2006.

Suite au séisme du 21 Novembre, le CDSA réalise cette première note d'information à l'aide des outils de traitement déjà mis en place et des informations qui ont pu être collectées.

Séisme du 21 novembre 2004

Le dimanche 21 Novembre 2004 à 07h41 (heure locale), un séisme de magnitude 6.3 a secoué la Guadeloupe. L'épicentre se situait au Sud de l'Archipel entre les îles des Saintes et la pointe Nord de la Dominique (Figure 1).

Largement ressentie sur l'ensemble de la Guadeloupe, la secousse a fait une victime à Trois-Rivières et des dégâts importants aux Saintes. Elle a été suivie de très nombreuses répliques ressenties aux Saintes au Sud de la Guadeloupe et au Nord de la Dominique. Le dernier séisme ayant occasionné des dommages conséquents en Guadeloupe s'était produit à proximité de la ville de Pointe à Pitre le 29 avril 1897.

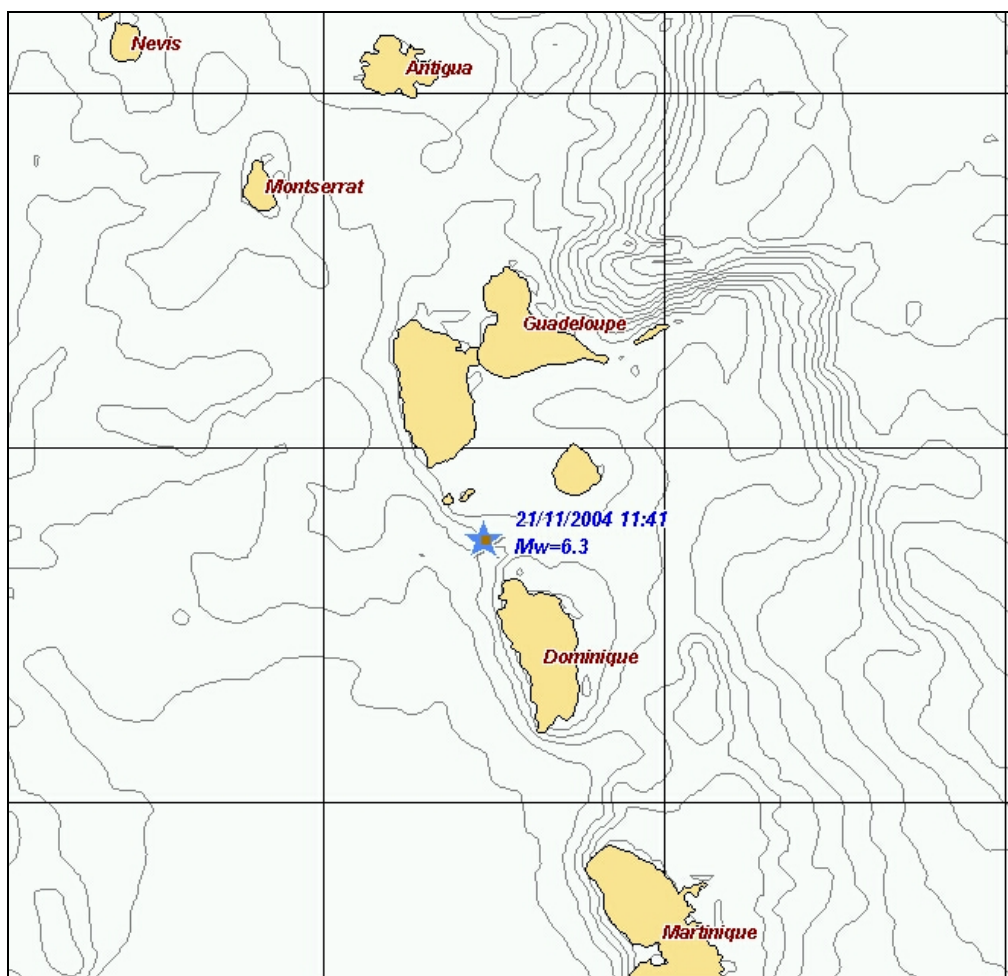


Figure 1 : Localisation du Séisme des Saintes.

Cette note est une synthèse rassemblant les premiers résultats préliminaires obtenus par les différents organismes ayant travaillé sur ce séisme. Son but est d'en faire une note d'information accessible aussi aux non spécialistes.

Localisation et magnitude

Organisme	Heure GMT	Lat	(°N)	Long.	(°W)	Prof (km)
USGS	11:41:07	15	41.94	61	39.24	14
OVSG	11:41:08	15	46.84	61	28.43	10
CDSA	11:41:08	15	45.03	61	32.34	14

Le United States Geological Survey (USGS) localise le séisme à partir de données provenant de stations sismiques du réseau mondial. La précision de la localisation n'est que de quelques kilomètres car les stations utilisées sont à grande distance de l'épicentre. Rapidement disponible, elle permet de confirmer les localisations préliminaires faites dans les premières heures qui suivent la secousse à partir des réseaux locaux. Mais surtout la magnitude estimée à partir du réseau mondial est la plus fiable.

L'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (OVGS-IPGP) a fourni une première localisation préliminaire à partir de son réseau de surveillance régional (15 stations sismiques dont une en Dominique et une à Nevis). Un seul temps d'arrivée de phase S est disponible sur la station à faible gain du Houëlmont. Sur les autres stations le signal est saturé et ne permet que le pointé des premières arrivées P (Figure 2).

Le Centre de Données Sismologiques des Antilles (CDSA) a fait un calcul d'épicentre utilisant les premières données disponibles des réseaux de Guadeloupe et Martinique (réseaux de surveillance OVSG et OVMP de l'IPGP et stations du Réseau Accélérométrique Permanent RAP de Guadeloupe et Martinique). Disposant ainsi de 39 stations entre 26 et 148 km de l'épicentre dont 15 à moins de 50 km, et de pointés de phases S sur les stations accélérométriques RAP, cette localisation est la plus précise des trois mentionnées ici (Figures 2, 4 et 5).

L'erreur sur le calcul de l'épicentre est inférieure au kilomètre. La profondeur du foyer est calculée à 14 kilomètres. La profondeur du foyer est dépendante du modèle de propagation utilisé. On peut juste estimer que la profondeur se situe autour de 10-15 km sans plus de précision pour l'instant.

L'OVSG calcule la magnitude à partir de la durée du signal enregistré (Magnitude Md). Cette durée n'a pas pu être mesurée de façon correcte en raison des répliques qui se sont succédées dans les minutes suivantes et qui empêchent de voir la fin du signal de la secousse principale.

Le CDSA, reprenant les données de l'OVSG et OVMP, ne calculera pas non plus de magnitude Md pour cet événement.

La magnitude $M_w=6.3$ estimée par l'USGS est la valeur la plus fiable qu'on puisse avoir actuellement.

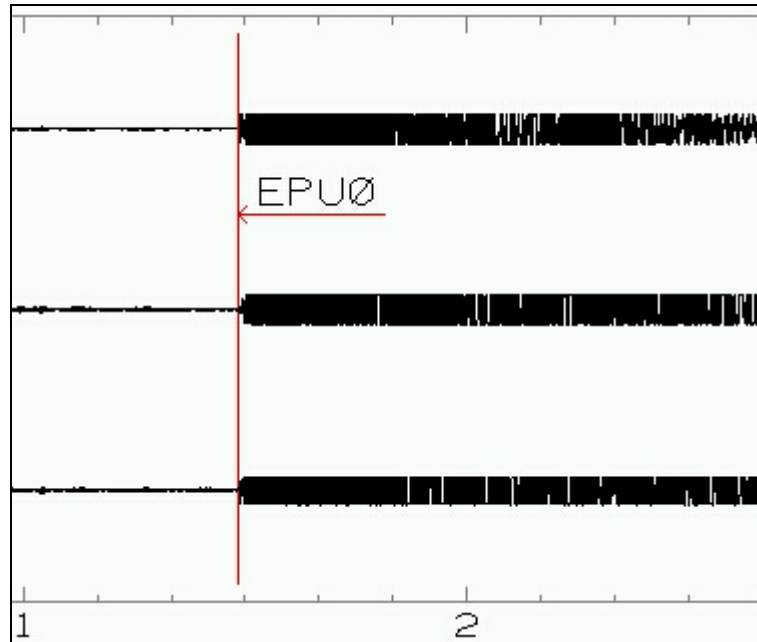


Figure 2 : Exemple de signal saturé sur le réseau de surveillance OVSG. La phase S n'est pas visible.

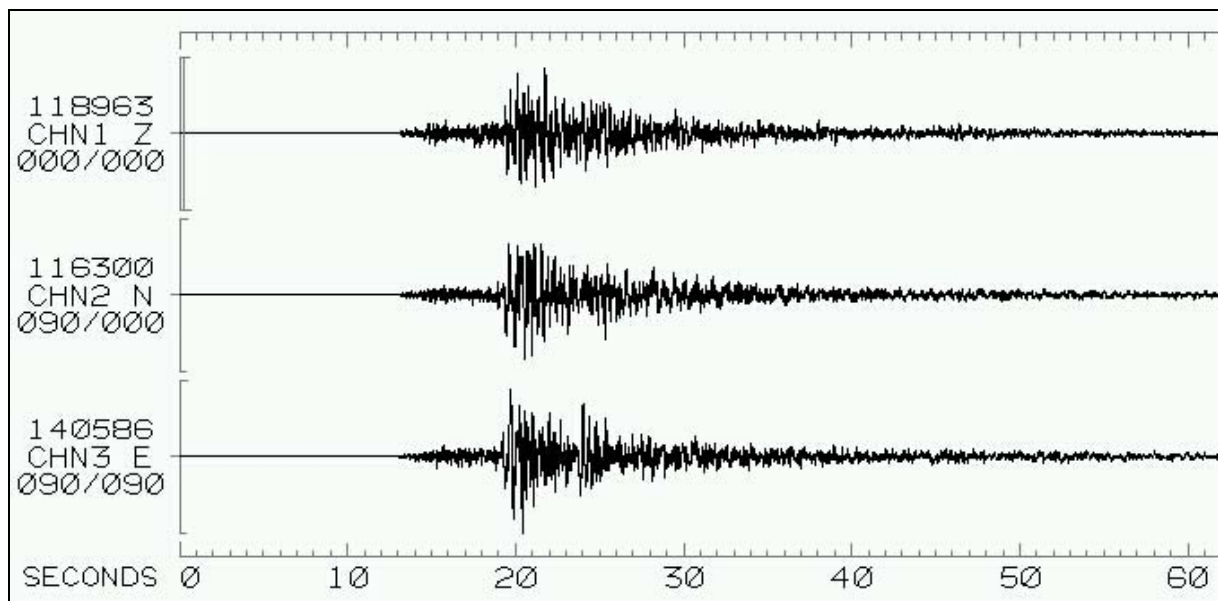


Figure 3 : Signal enregistré sur une station accélérométrique RAP (PIGA). Le signal n'est pas saturé, les phases P et S sont utilisables pour la localisation.

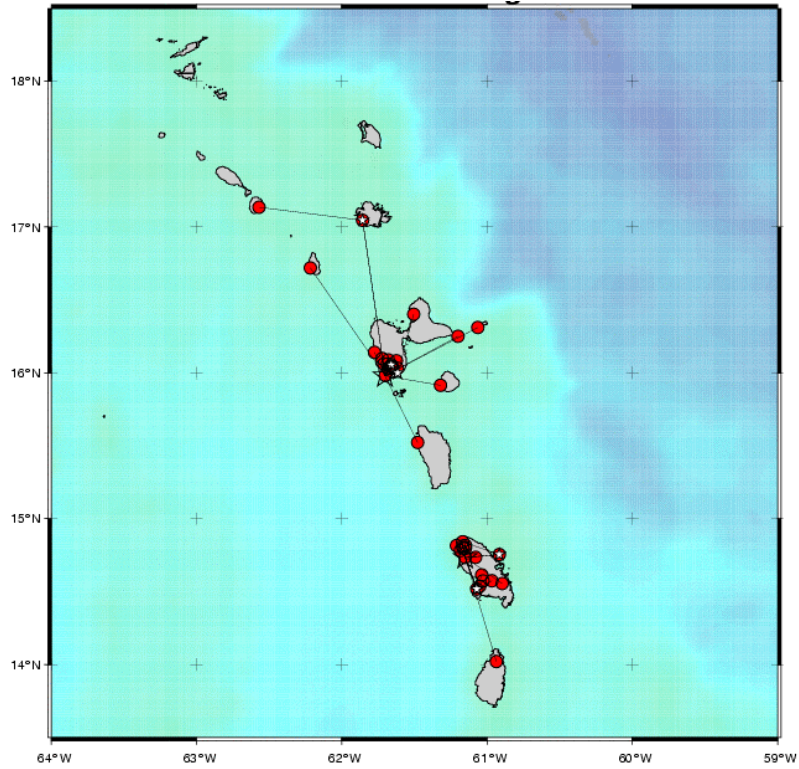


Figure 4 : Réseaux de surveillance sismologique de l'OVSG et de l'OVMP-IPGP (document OVSG).

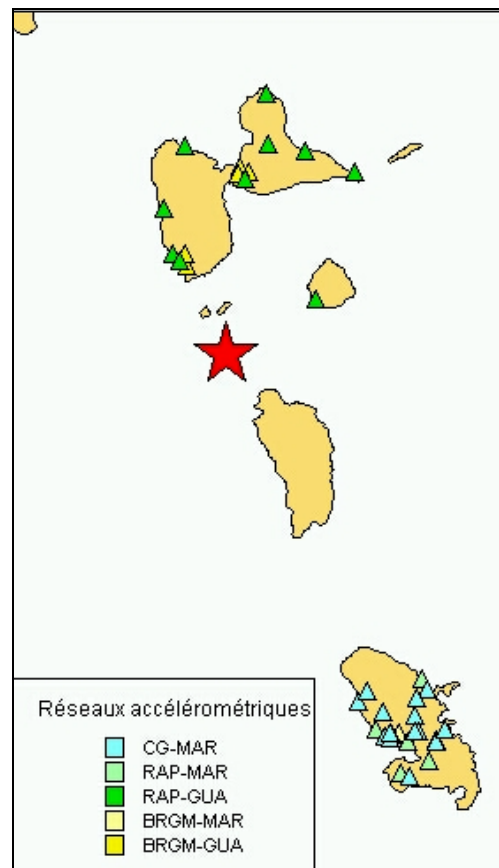


Figure 5 : Stations accélérométriques de Guadeloupe et Martinique

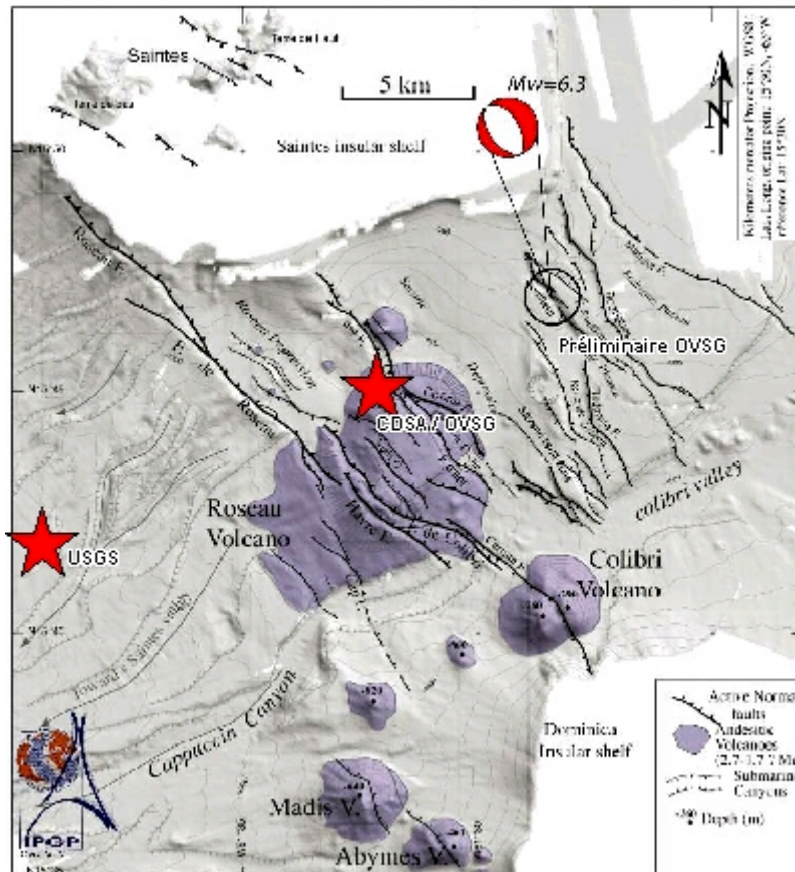


Figure 6 : Positions des épencentres calculés par l'USGS, l'OVSG et le CDSA (fond de carte issu de *Feuillet, 2000*)

Tenant compte de la localisation CDSA, les distances épacentrales sont les suivantes:

Terre de Haut	14 km
Terre de Bas	15 km
Portsmouth (Dominique)	22 km
Trois-Rivières	28 km
Grand-Bourg de Marie Galante	30 km
Basse-Terre	34 km
Pointe-à-Pitre	55 km

Les deux îles des Saintes sont à la même distance de l'épicentre principal. L'épicentre est plus proche du Nord de l'île de la Dominique que du Sud de la Basse Terre.

La côte Est de Marie Galante et les communes du Sud de la Basse terre sont à moins de 35 km de l'épicentre. La Grande Terre et le Nord Basse Terre sont à plus de 50 km.

Longueur de rupture associée au séisme

Connaissant la magnitude, on peut estimer la longueur de la faille sur laquelle s'est produite la rupture. Pour cela on utilise les relations empiriques de *Wells et Coppersmith (1994)* :

$$\text{Log (SRL)} = -2.01 + 0.50 * M \text{ (pour faille normale)}$$

ou

$$\text{Log (SRL)} = -3.22 + 0.69 * M \text{ (pour tout type de faille)}$$

Avec SRL = longueur de la surface de rupture en km et M = magnitude

On obtient une longueur de faille de 13 à 14 km pour ce séisme de magnitude 6.3.

Cela correspond aux longueurs des systèmes de faille que l'on observe à proximité de l'épicentre, entre les Saintes et la Dominique

Contexte tectonique

L'activité sismique de cette région est dominée par le rapprochement de la plaque Américaine et de la plaque Caraïbe avec une vitesse moyenne de 2 cm/an (Figure 7).

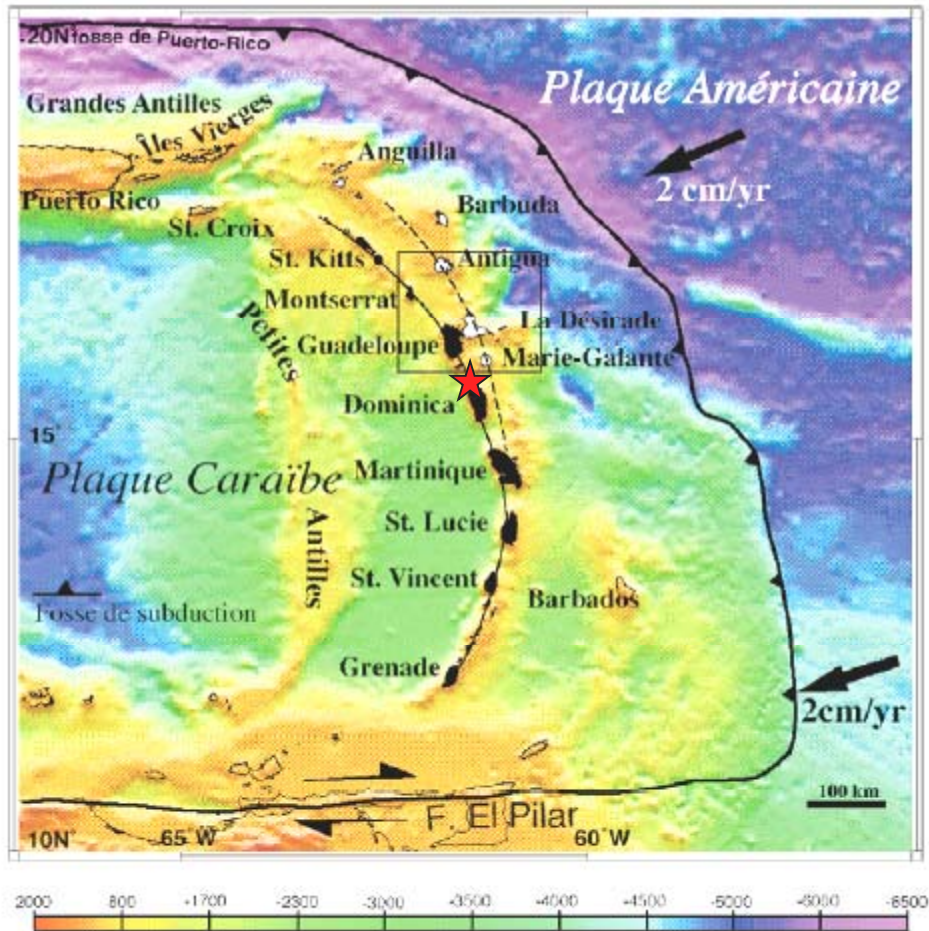


Figure 7 : Contexte géodynamique des Petites Antilles (Feuillet et al, 2001).

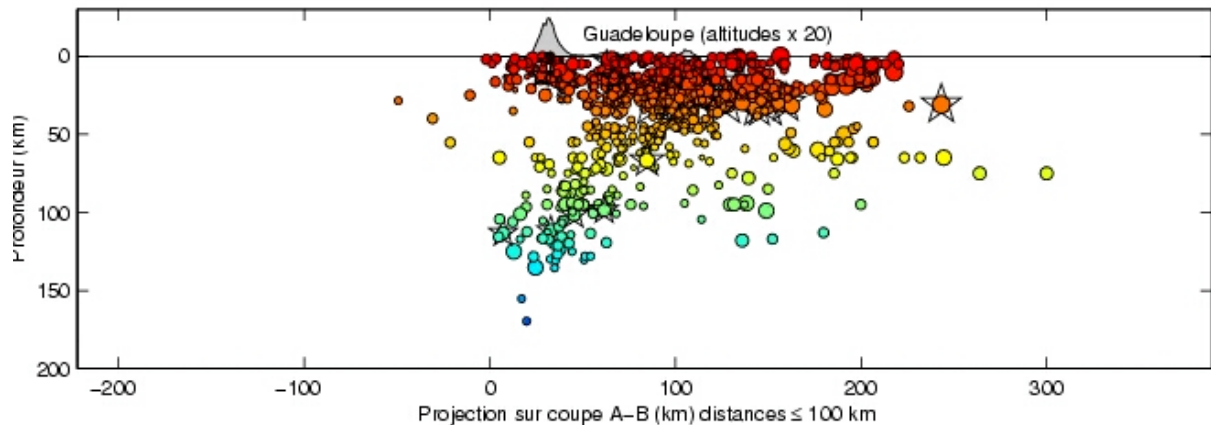


Figure 8 : Coupe en profondeur de la sismicité sur 5 ans du catalogue OVSG-IPGP.

La plaque américaine s'enfonce sous la plaque Caraïbe. A l'aplomb de l'arc volcanique des Petites Antilles, la plaque plongeante se trouve entre 100 et 150 km de profondeur. La coupe ci-dessus représente la sismicité enregistrée sur une période de 5 ans par l'OVSG autour de la Guadeloupe. On y voit très clairement la sismicité associée à la plaque plongeante ainsi qu'une sismicité superficielle qu'on observe sur la plaque caraïbe depuis la limite de plaque jusqu'au niveau des îles de l'arc (Figure 8).

Le séisme du 8 février 1843 qui a détruit Pointe à Pitre était un séisme lié directement à la subduction. Les séismes de 1851 à Capesterre-Belle-Eau et 1897 à Pointe-à-Pitre sont des séismes superficiels intraplaque. (cf paragraphe suivant)

Le séisme du 21 Novembre 2004 est lui aussi un séisme intraplaque situé sur un système de failles normales allant des Saintes au Nord de la Dominique (Figure 9).

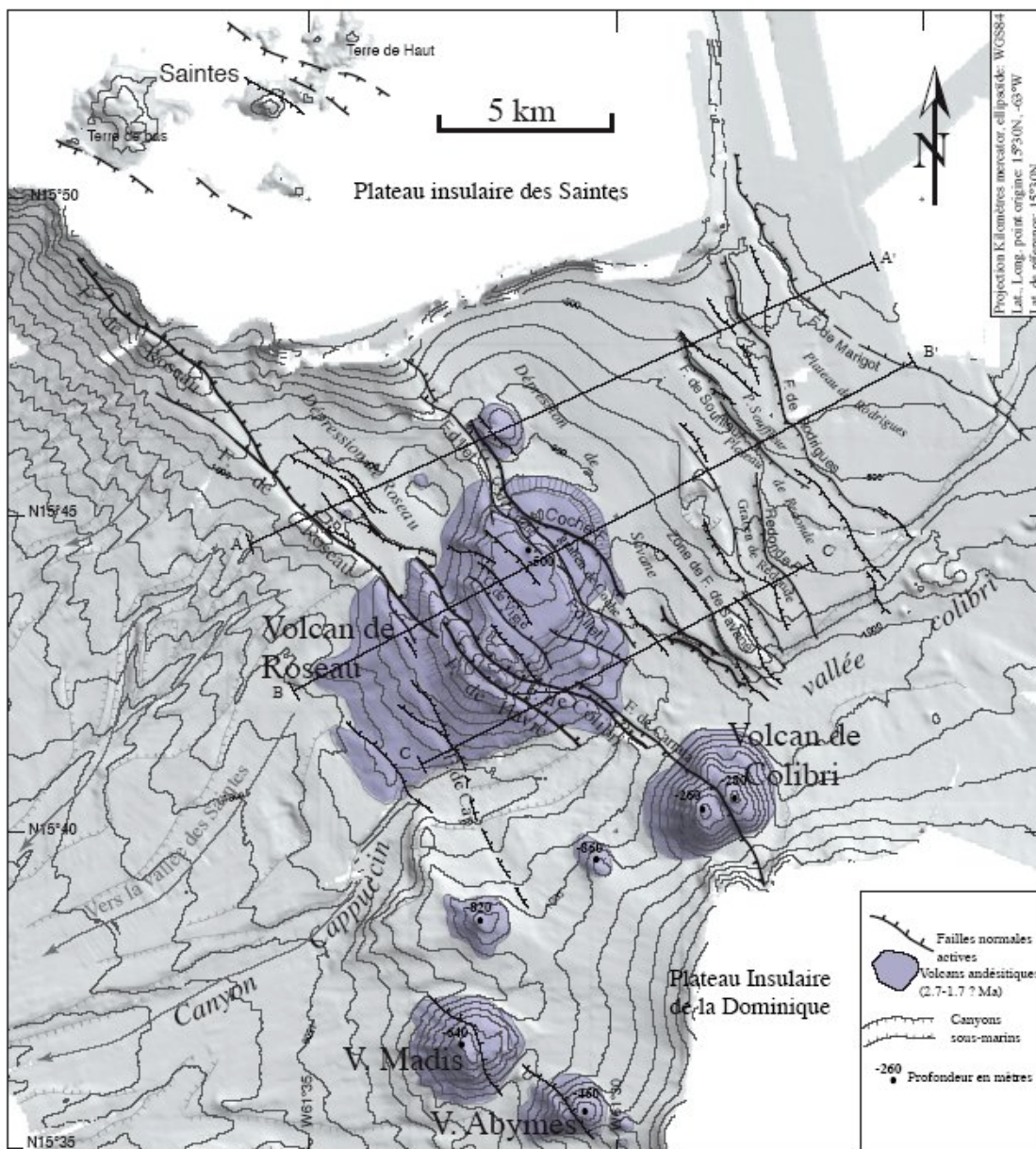


Figure 9 : Système de failles au sud des Saintes (*Feuillet, 2000*). Les coupes AA', BB', CC' sur la figure 10.

Ces failles sont orientées globalement N135°E, avec des pendages vers le Nord Est (faille de Roseau, Faille de Marigot) ou vers le Sud Ouest (failles du Souffleur, de Rodrigues, de Redonda...), (Figure 10).

Les informations ne sont pas encore suffisamment précises pour affirmer quelles failles de ce système ont rejoué lors de cette crise.

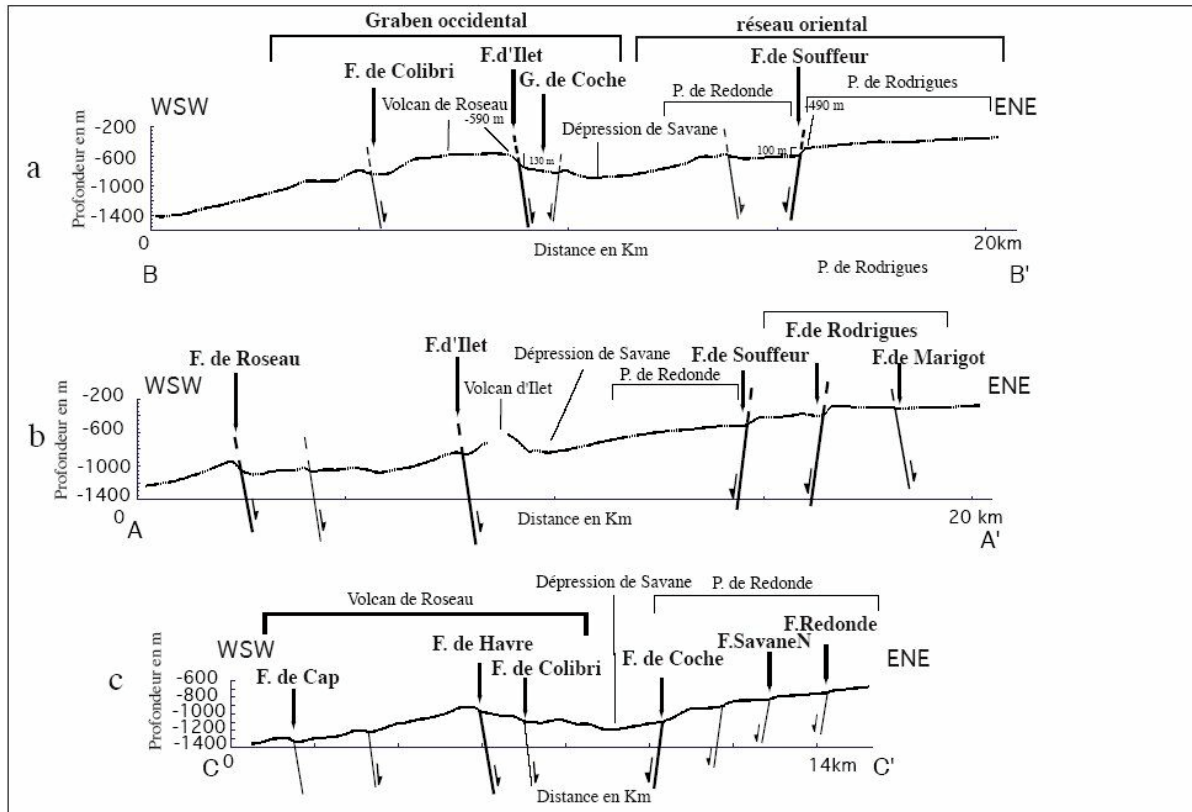


Figure 10 : Coupes du système de failles au sud des Saintes (Feuillet, 2000).

Sismicité historique et instrumentale connue

La figure 11 montre les principaux séismes autour de la Guadeloupe depuis 1843. La sismicité historique connue ne présente pas de séismes destructeurs provenant de cette région entre les Saintes et la Dominique

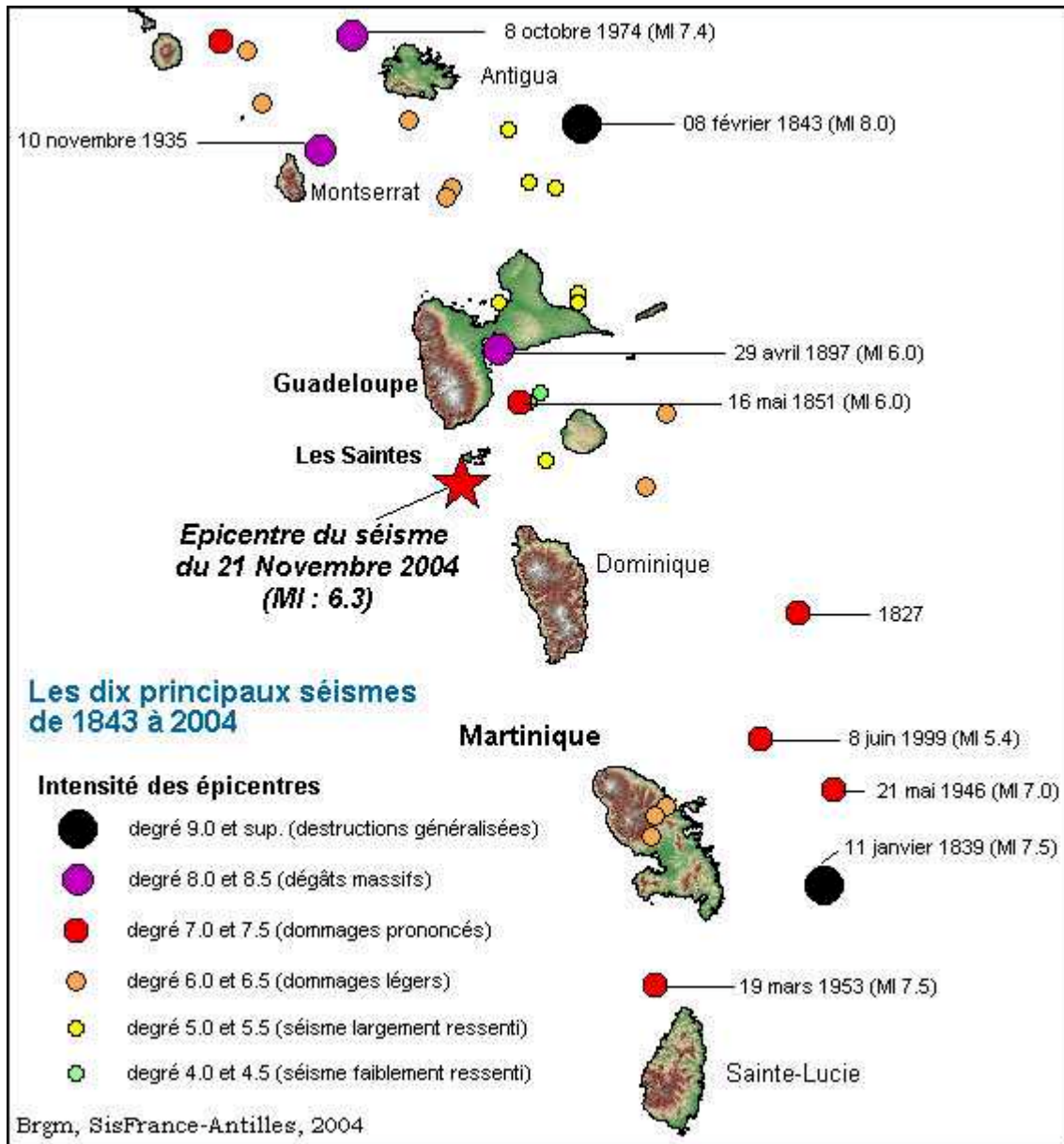


Figure 11 : Principaux séismes aux Antilles entre 1843 et 2004 (carte BRGM)

La sismicité instrumentale est peu abondante mais pas inexistante dans la zone. On trouve 9 séismes de magnitude supérieure ou égale à 3.0 dans ce secteur entre 1981 et 2004. En mars 1985, une sismicité en essaim se produit dans cette zone avec une magnitude maximale de 3.8. L'essaim se situe à l'aplomb de l'ancien volcan Roseau (Figure 11). On n'a ensuite aucun séisme marquant jusqu'en 2002.

Sur l'année 2004, on peut mentionner un séisme de magnitude 3.0 le 2 août. Le séisme du 21 à 11h41 GMT est précédé moins de 2 minutes avant d'un précurseur de magnitude 3.1.

Liste des séismes de magnitude supérieure ou égale à 3.0 d'après le catalogue de sismicité de l'OVSG

année	heure	minute	sec	lat	lon	Prof	Md
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

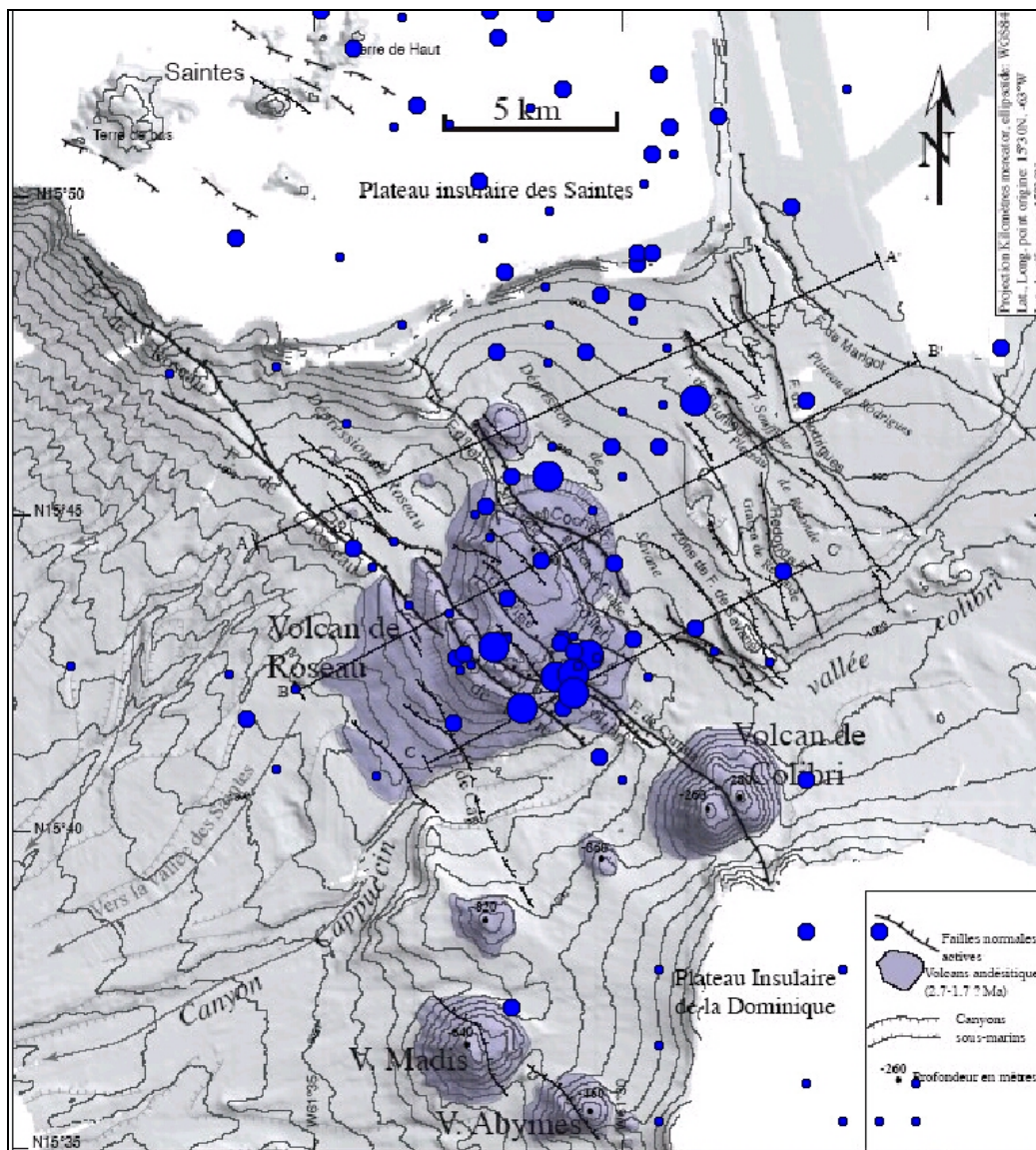


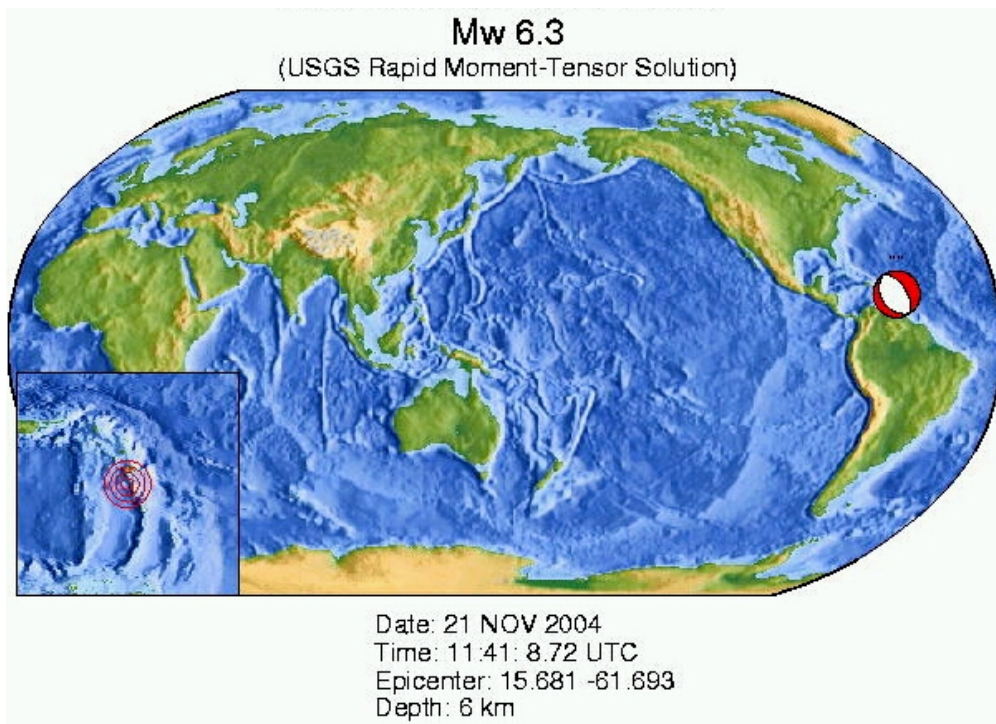
Figure 11 : Sismicité superficielle entre les Saintes et la Dominique issu du catalogue OVSG-IPGP entre 1981 et le 20 Novembre 2004 (fond de carte : *Feuillet, 2000*).

Mécanisme au foyer

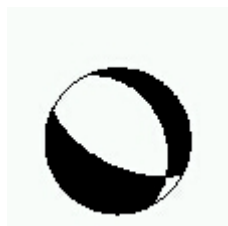
Le mécanisme au foyer a été calculé par inversion du tenseur des moments par l'USGS, Harvard et Geoscope de l'IPGP (Figure 12).

Les résultats sont en accord montrant un mouvement en faille normale sur un plan de faille de direction approximative NW-SE. Suivant le plan nodal choisi, on a soit un glissement sur un pendage SW, soit un glissement sur un pendage NE. Le mécanisme de Geoscope montre une légère composante de décrochement.

Organisme	Plan nodal	Azimut	Pendage	Glissement
USGS	NP1	145	35	-92
	NP2	327	55	-89
HARVARD	NP1	317	44	-88
	NP2	134	46	-92
GEOSCOPE (IPGP)	NP1	336	34	-54
	NP2	115	63	-112



Carte et mécanisme au foyer (source USGS).



Mécanisme au foyer (source GEOSCOPE-IPGP)
Figure 12 : Mécanismes au foyer.

Accélérations de pic (PGA) et effets de sites

La secousse principale a été enregistrée par 43 stations accélérométriques:

- ◆ 17 en Guadeloupe (distances entre 25 et 80 km)
 - ◆ 10 du réseau RAP
 - ◆ 7 du BRGM
- ◆ 26 en Martinique (distances entre 123 et 150 km)
 - ◆ 6 du réseau RAP
 - ◆ 4 du BRGM
 - ◆ 16 du Conseil Général de Martinique

Les valeurs de pics d'accélération sont présentées dans les figures 13 et 14. Ces valeurs sont comparées à la loi d'atténuation de *Sadigh et al. (1997)*. Cette loi a été définie pour des séismes crustaux en Californie. Elle est donc plus appropriée à notre cas que la loi d'atténuation d'*Youngs et al. (1997)* que l'on utilise habituellement en Guadeloupe pour les séismes de subduction.

La station de Sainte-Rose (SROA) donne une valeur de pic de 100 mg qui semble anormal par rapport aux autres enregistrements et par rapport à la loi d'atténuation. Une vérification est à faire pour confirmer le type de sol effectif (rocher ou sol)

Sur l'aéroport de Pointe à Pitre, le BRGM dispose d'une station accélérométrique avec deux appareils: l'un à 20 mètres de profondeur au fond d'un forage (GGFA) et l'autre en surface (GGSA). On obtient pour le capteur en profondeur une valeur assez faible de 15 mg alors que 124 mg sont mesurés en surface.

L'accélération a pu être mesurée sur 5 sites différents dans l'agglomération de Pointe à Pitre (deux au rocher, IPTA: 42 mg, GBRA: 63 mg ; et trois avec effets de sites GGSA 124 mg, GLAA, 133 mg et GFEA 84 mg). On voit donc pour des distances épacentrales équivalentes (50 à 54 km) des variations importantes de pics d'accélération (de 42 à 133 mg) confirmant les amplifications importantes liées au type de sol.

Dans l'agglomération de Basse-Terre, nous avons 4 stations entre 36 et 40 km de distance (PRFA au rocher 67 mg, stations à effets de sites: ABFA 123 mg, GJYA 198 mg, GHMA 213 mg). Pour GHMA, station temporaire en essai au Houëlmont, la valeur de pic est peut être due à un déplacement de l'appareil celui ci n'ayant pas été préalablement fixé au sol.

En Martinique, les accélérations varient de 2.5 mg à environ 20 mg. A la Trinité on observe encore une forte variation des pics d'accélération : 10 mg sur la station RAP MATR, 28 mg sur la station du Conseil Général et 57 mg à la Mairie !

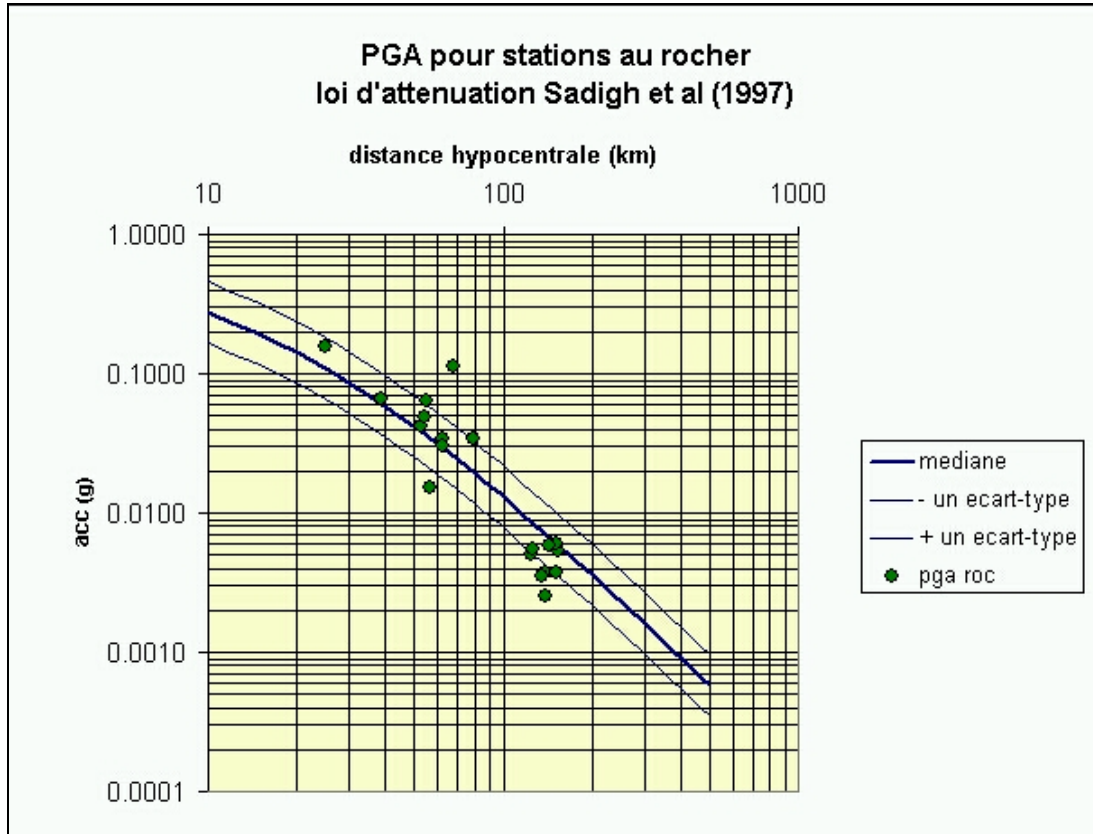


Figure 13 : Pics d'accélération pour les stations accélérométriques au rocher.

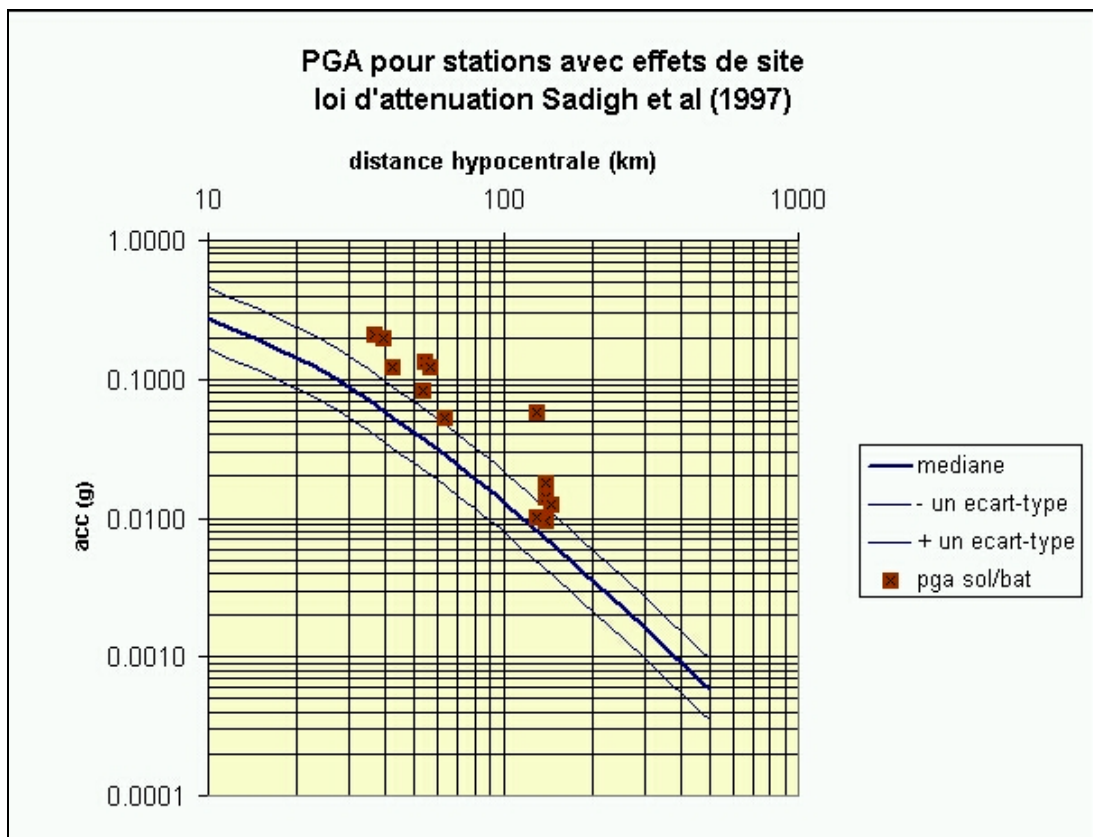


Figure 14 : Pics d'accélération pour les stations à effets de site (sols meubles, ou effets topographiques ou intérieur de bâtiment)

Reseau	Station	station	max Z (g)	max NS (g)	max EW (g)	type	Lat (°)	Long (°)	épic(km)	hypoc (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	0.0021	0.0058	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	Prefecture Basse-Terre	PRFA	0.0307	0.0341	0.0438	R	15.992	-61.722	36.3	38.9
RAP-GUA	St-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
CG-MAR	Centre Thermal Absalon	ABS	0.0023	0.0031	0.0298		14.670	-61.100	130.3	131.1
CG-MAR	Archives Départementales Haut	ARM	0.0038	0.0121	0.0132		14.600	-61.091	138.0	138.7
CG-MAR	Archives Départementales Bas	ARS	0.0034	0.0037	0.0322	R	14.600	-61.091	138.0	138.7
CG-MAR	Centre culturel Atrium	ATR	0.0023	0.0075	0.0088		14.596	-61.080	138.8	139.5
CG-MAR	Barrage de la Manzo Haut	BMA	0.0100	0.0133	0.0175		14.587	-60.940	145.4	146.1

CG-MAR	Barrage de la Manzo Bas	BML	0.0033	0.0135	0.0125	S	14.586	-60.939	145.5	146.2
CG-MAR	Piscine Carbet	CGCA	0.0031	0.0037	0.0043	R	14.702	-61.175	124.4	125.2
CG-MAR	Collège Diamant	CGDI	0.0037	0.0041	0.0044	R	14.480	-61.018	153.3	153.9
CG-MAR	Collège Saint Joseph	CJS	0.0066	0.0165	0.0140		14.660	-61.005	135.1	135.8
CG-MAR	College du François	CLJ	0.0054	0.0094	0.0114		14.620	-60.914	143.3	144.0
CG-MAR	College Place d'Armes	CPA	0.0040	0.0111	0.0087		14.615	-60.992	140.3	141.0
CG-MAR	Collège Petit Manoir Lamentin	CPM	0.0058	0.0108	0.0103		14.612	-61.002	140.1	140.8
CG-MAR	Collège Saint-Just Trinité	CSJ		0.0280			14.737	-60.969	128.9	129.7
CG-MAR	Immeuble Concorde DDST	DTS	0.0019	0.0022	0.0251	R	14.607	-61.075	137.8	138.5
CG-MAR	Observatoire Morne des Cadets	OBS	0.0045	0.0100	0.0075		14.733	-61.148	122.0	122.8
CG-MAR	Réservoir Deux Terres	RDT	0.0066	0.0027	0.0157		14.710	-61.000	130.2	130.9

Liste des stations accélérométriques ayant captés le séisme du 21 Novembre. Les distances épicentrales et hypocentrales sont calculées par rapport à la localisation CDSA. Les valeurs de pics pour les 3 composantes du signal sont données en gal ($1\text{ g} = 9.81\text{ m/s}^2$)

Intensités macrosismiques

Le séisme a été ressenti jusqu'à Sainte Lucie au Sud, Barbuda et Saint Kitts au Nord, soit dans un rayon de plus de 200 km autour de l'épicentre.

L'évaluation de l'intensité se fait avec l'échelle EMS98 utilisée en Europe depuis quelques années en remplacement de l'échelle MSK. La valeur de l'intensité macrosismique (de I à XII) n'est pas uniquement fonction du niveau des dégâts aux constructions. Elle est déterminée à partir de trois types d'informations: les effets ressentis par les personnes, les effets sur les objets et les dégâts aux constructions. Pour la lecture des dégâts sur les constructions, l'intensité macrosismique tient compte du niveau de vulnérabilité du bâti. L'intensité EMS98 est une estimation de l'amplitude des mouvements oscillants du sol. Un même mouvement oscillant du sol, donc une intensité macrosismique donnée, provoquera des dégâts plus importants sur un bâtiment vulnérable que sur une construction peu vulnérable. Les effets secondaires des séismes (exemple: glissements de terrain) sont de plus exclus du champ d'application de l'échelle EMS98. Pour une description de l'échelle, voir le site <http://www.seisme.prd.fr/bcsf/ems98.html> .

En Guadeloupe, les intensités ont été évaluées au cours d'une mission sur place du Bureau Central Sismologique Français (BCSF) entre le 24 Novembre et le 1^{er} Décembre.

Des formulaires d'enquêtes macrosismiques collectifs ont été diffusés aux Mairies, Gendarmeries et Centres de Secours, par l'intermédiaire du Service de Protection Civile (SIDPC) de la Préfecture. Ce formulaire est une adaptation pour les Antilles par le CDSA du formulaire collectif utilisé en métropole par le BCSF.

Un communiqué de presse BCSF-CDSA a été diffusé à Agence Reuters, Agence France Presse, Associated Presse, RFO, France Antilles, Media-cortex.com signalant l'enquête macrosismique en cours et la possibilité de répondre au formulaire individuel en ligne sur le site www.seisme.prd.fr .

Au cours de la mission du BCSF, une tournée des communes de Guadeloupe les plus touchées a été effectuée. Pour chacune de ces communes, des contacts sont pris avec les mairies. Les sites publics ou privés pour lesquels des dommages conséquents sont signalés sont visités. Cette enquête préliminaire a permis d'obtenir la carte ci dessous présentée sur le site www.seisme.prd.fr. L'intensité par commune est une estimation de la valeur moyenne sur l'ensemble de la commune. Certaines communes peuvent présenter une très grande variabilité interne à cause de l'hétérogénéité de leur sous-sol et/ou de leur topographie. Ainsi, des classes d'intensités intermédiaires (V-VI ou VI-VII) ont été introduites pour certaines communes.

L'intensité VIII est atteinte sur les Saintes. Sur Marie Galante et le Sud de la Basse Terre, l'intensité varie de VI à VII. Nous constatons des intensités à Vieux Fort et Baillif (V) qu'il faudra confirmer par la suite.

Guadeloupe
Séisme sud-est des Saintes
du 21/11/2004

Localisation OVSG-IPGP
11h41mn Tu
(7h41mn heure locale)
magnitude : mb=6,3

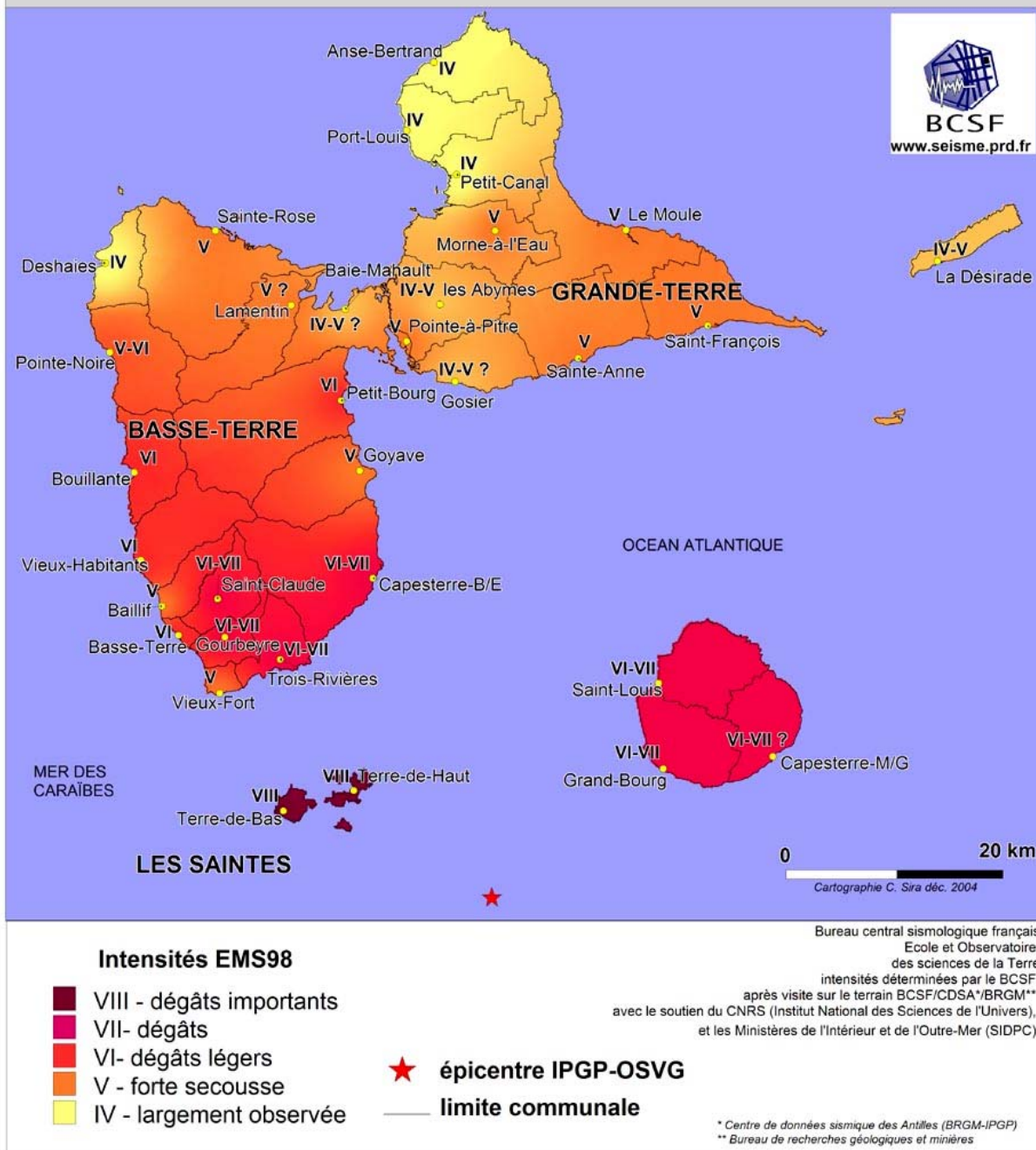


Figure 15 : Intensités EMS98 (source BCSF : www.seisme.prd.fr).

Les répliques du séisme

Le séisme a été suivi d'un nombre très important de répliques.

Le 22 Novembre à 16h l'OVSG avait enregistré depuis la veille à 7h40 près de 1300 séismes. La fréquence des répliques était de :

- 100 à 150 séismes par heure entre 8h et 11h le 21 novembre
- 50 à 80 séismes par heure entre 11h et 19h
- 20 à 30 séismes par heure de 19h au 22 novembre 16h.

(source : communiqués de l'OVSG-IPGP)

Répliques localisées par l'USGS

Date	heure	lat	long	prof (km)	mag
21/11/2004	11:41:07	15,699N	61,654W	14	6.3
21/11/2004	11:47:42	15,76N	61,60W	10	5.1
21/11/2004	11:50:48	15,61N	61,61W	10	4.3
21/11/2004	11:51:47	15,75N	61,61W	10	4.8
21/11/2004	11:54:19	15,60N	61,56W	10	4.1
21/11/2004	11:56:28	15,65N	61,61W	10	5.0
21/11/2004	11:58:48	15,81N	61,69W	10	4.7
21/11/2004	12:02:12	15,72N	61,61W	10	4.8
21/11/2004	12:08:32	15,74N	61,65W	7	4.4
21/11/2004	12:45:26	15,72N	61,69W	10	4.5
21/11/2004	13:36:58	15,75N	61,57W	10	4.9
21/11/2004	18:53:02	15,69N	61,71W	10	5.4
21/11/2004	22:56:32	15,74N	61,57W	10	4.8
22/11/2004	02:01:19	15,77N	61,68W	10	4.5
22/11/2004	18:13:53	15,73N	61,58W	10	4.3
22/11/2004	21:23:53	15,78N	61,74W	10	5.0
22/11/2004	21:53:38	15,73N	61,69W	10	4.0
22/11/2004	22:40:10	15,81N	61,66W	10	4.1
22/11/2004	22:56:04	15,73N	61,72W	10	4.5
22/11/2004	22:59:50	15,73N	61,72W	10	4.4
26/11/2004	05:05:18	15,60N	61,56W	10	5.2
27/11/2004	23:44:23	15,62N	61,55W	10	4.9
02/12/2004	14:47:54	15,64N	61,64W	10	4.9

La secousse principale de 11h41 GMT a été suivie dans l'heure de 8 répliques de magnitude supérieure à 4.0 dont deux de magnitude 5.1 à 11h47 et 5.0 à 11h56. La réplique principale de magnitude 5.4 se produit 7 heures après à 18h53.

L'USGS recense 5 secousses de magnitude supérieure ou égale à 5 entre le 21 novembre et le 5 décembre, dont 4 dans les deux premiers jours. Sur cette même période dix autres séismes ont une magnitude entre 4.5 et 4.9.

Plus de deux semaines après le séisme principal, des secousses sont toujours ressenties plusieurs fois par jour en Sud Basse-Terre (distances épacentrales supérieures à 25 km). Des magnitudes de l'ordre de 4.0 se produisent encore.

Re-localisation par le CDSA de 5 répliques

Le CDSA a relocalisé les 5 répliques suivantes de magnitudes USGS supérieures à 4.8 avec les données du réseau OVSG et du réseau RAP de Guadeloupe.

Date	Heure	Lat	lon	prof	mag(usgs)
21/11/2004	13:36:59	15.776	-61.484	9.8	4.9
21/11/2004	18:53:02	15.801	-61.634	11.9	5.4
21/11/2004	22:56:33	15.766	-61.474	10.0	4.8
26/11/2004	5:05:18	15.710	-61.514	12.2	5.2
02/12/2004	14:47:54	15.740	-61.541	10.2	4.9

La réplique du 22 Novembre à 21:23 (5.0) n'a pas été relocalisée, ne disposant pas des données du réseau RAP.

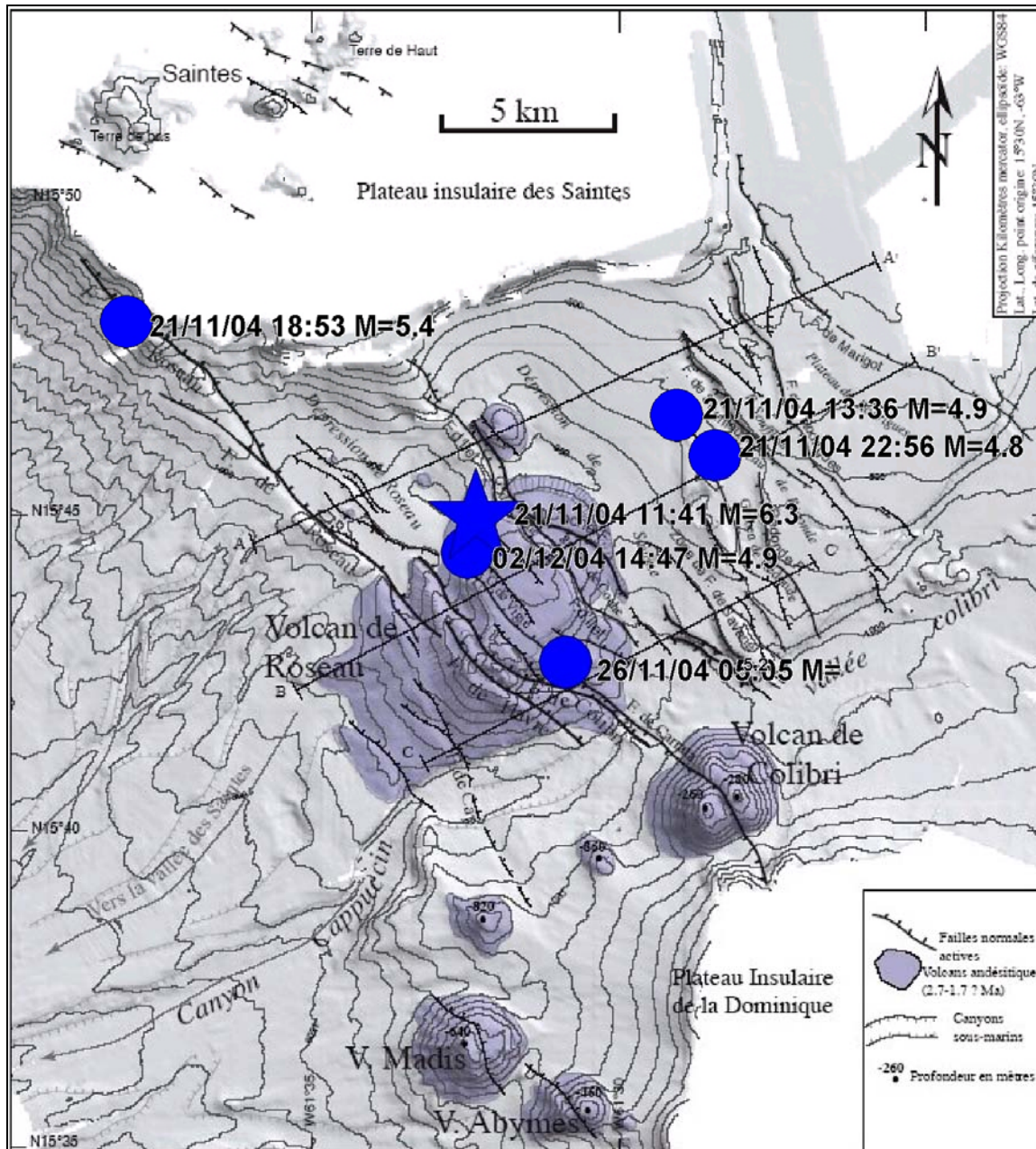
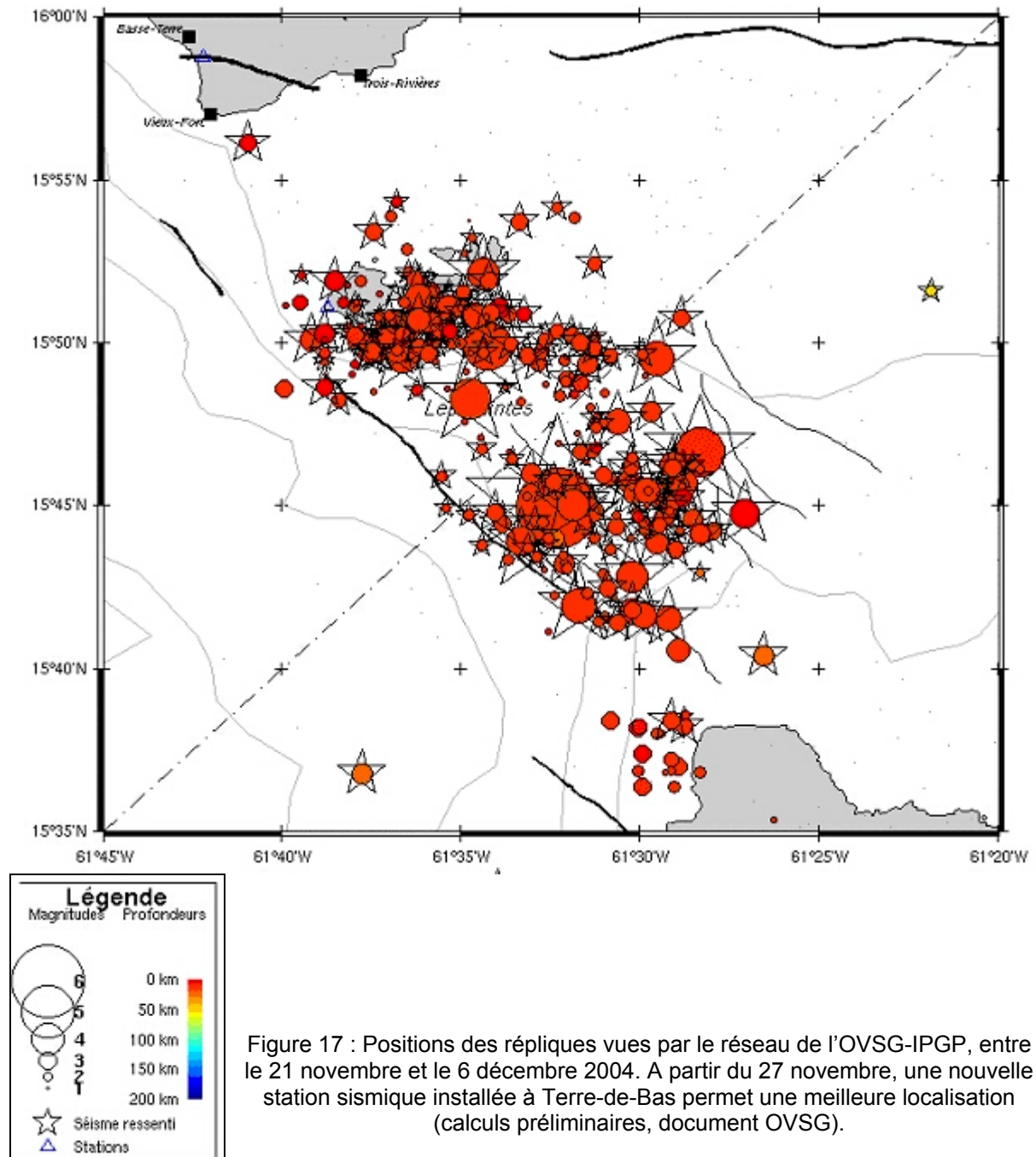


Figure 16 : La réplique de 18h53 (M=5.4) est située à 11 km de l'épicentre principal. Elle est proche des Saintes (5 km de Terre de Bas, 10 km de Terre de Haut). Les 4 autres sont à moins de 5 km de l'épicentre principal, à l'Est ou au Sud de celui ci. Les profondeurs restent à environ 10-12 km (fond de carte : Feuillet, 2000).

La Figure 16 montre la position des répliques localisées en routine par l'OVSG-IPGP. Il s'agit d'un résultat préliminaire sur une partie seulement des données actuellement en cours de traitement. L'essai reste limité dans la zone des répliques principales.



Suivi sur station accélérométrique GJYA

La station GJYA est située à Belfond sur la commune de Saint Claude. Les distances épacentrales par rapport aux séismes vont de 25 à 40 km environ. Il s'agit d'une station Kinematics K2 avec un numériseur 24 bits. Les données sont stockées sur des cartes mémoires PCMCIA facilement transférables sur un PC. L'enregistrement se fait sur déclenchement. La plupart des séismes ayant un pic d'accélération PGA supérieur à 0,1g ont déclenchés un enregistrement. La station a été relevée manuellement tous les deux jours pendant la première semaine. Un traitement semi-automatique a permis d'obtenir pour toutes ces données des valeurs de PGA. Elles sont encore incomplètes car parfois il y a plusieurs séismes dans un seul fichier. Cela donne cependant un aperçu global de la crise. Entre le 21 11:41 TU et le 9 décembre, il y a eu 685 déclenchements sur les répliques du séisme principal dont 42 pour des valeurs de pics de 2 mg ou plus, donc susceptibles d'être ressentis partiellement en Sud Basse-Terre.

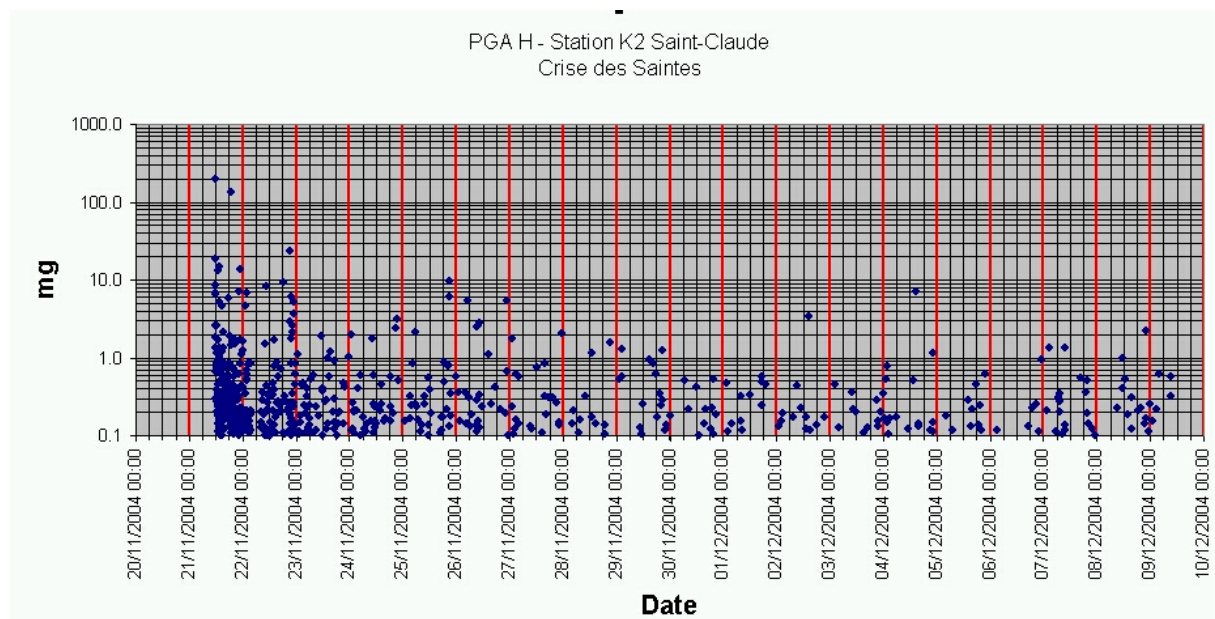


Figure 18 : Valeurs de pics d'accélération (en mg) reportés en fonction de l'heure d'enregistrement du signal. La diminution progressive à partir du 23 Novembre du nombre de secousses est notable.

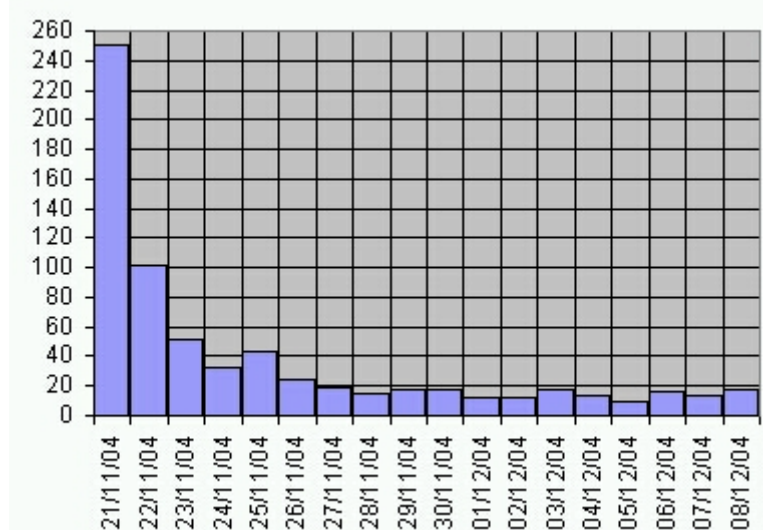


Figure 19 : Histogramme du nombre d'enregistrements sur la station GJYA à Saint-Claude par période de 24 heures à partir du 21 novembre à 11h40.

Liste des enregistrements les plus forts sur la station accélérométrique GJYA :

N	Z	E	PGA horizontal	date	heure GMT	heure locale
198.2	108.3	185.2	198.233	21/11/2004	11:41:00	07:41:00
8.5	4.5	6.8	8.511	21/11/2004	11:44:29	07:44:29
3.8	2.9	6.6	6.555	21/11/2004	11:46:53	07:46:53
5.1	4.5	6.8	6.828	21/11/2004	11:54:13	07:54:13
18.4	9.1	14.8	18.445	21/11/2004	11:58:38	07:58:38
2.6	1.4	2.1	2.610	21/11/2004	12:02:05	08:02:05
1.9	1.0	2.6	2.592	21/11/2004	12:37:16	08:37:16
13.0	6.2	12.9	12.961	21/11/2004	12:44:51	08:44:51
14.1	4.5	14.8	14.772	21/11/2004	13:36:51	09:36:51
5.1	2.5	4.9	5.102	21/11/2004	13:49:49	09:49:49
4.6	2.0	3.6	4.626	21/11/2004	14:47:03	10:47:03
2.0	1.0	2.1	2.100	21/11/2004	15:26:00	11:26:00
5.1	1.9	5.8	5.759	21/11/2004	17:49:21	13:49:21
67.6	40.7	132.6	132.579	21/11/2004	18:52:53	14:52:53
6.9	2.3	4.1	6.940	21/11/2004	22:31:58	18:31:58
13.5	6.4	6.3	13.475	21/11/2004	22:56:25	18:56:25
3.0	1.7	4.6	4.574	22/11/2004	1:34:22	21:34:22
6.8	3.3	5.4	6.793	22/11/2004	2:01:09	22:01:09
4.4	2.9	8.1	8.097	22/11/2004	10:35:58	06:35:58
9.1	4.1	5.5	9.148	22/11/2004	18:13:46	14:13:46
22.6	12.4	23.4	23.399	22/11/2004	21:23:43	17:23:43
2.8	1.4	2.9	2.870	22/11/2004	21:25:49	17:25:49
3.9	2.1	6.0	6.042	22/11/2004	21:41:13	17:41:13
2.4	1.3	2.5	2.536	22/11/2004	22:40:01	18:40:01
2.1	1.2	1.8	2.119	22/11/2004	22:44:07	18:44:07
2.4	1.8	3.7	3.664	22/11/2004	22:55:55	18:55:55
3.8	2.0	5.2	5.249	22/11/2004	22:59:40	18:59:40
1.3	1.3	2.4	2.414	24/11/2004	20:56:28	16:56:28
3.1	1.3	1.9	3.112	24/11/2004	21:36:01	17:36:01
1.5	1.0	2.1	2.090	25/11/2004	5:56:20	01:56:20
7.3	4.9	9.7	9.674	25/11/2004	20:51:44	16:51:44
4.5	2.6	6.1	6.091	25/11/2004	20:59:27	16:59:27
2.5	2.1	5.3	5.305	26/11/2004	5:05:10	01:05:10
1.7	1.0	2.5	2.524	26/11/2004	9:27:50	05:27:50
2.5	1.2	2.1	2.539	26/11/2004	9:58:50	05:58:50
2.1	1.7	2.8	2.836	26/11/2004	10:20:54	06:20:54
5.3	3.7	5.4	5.394	26/11/2004	22:49:25	18:49:25
2.0	1.0	1.9	2.047	27/11/2004	23:44:17	19:44:17
3.4	2.1	3.1	3.418	02/12/2004	14:47:47	10:47:47
5.7	2.4	7.0	6.963	04/12/2004	14:59:08	10:59:08
1.9	1.3	2.2	2.225	08/12/2004	22:13:09	18:13:09

Références bibliographiques

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

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

Sadigh, K., C.Y. Chang, J.A. Egan, F. Makdisi, R.R. Youngs, Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data, *Seism. Res. Lett.*, 68, 180-190, 1997.

Wells, D.L. et K.J. Coppersmith, New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture, Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bull. Seism. Soc. of America*, 84, 4, 974-1002. 1994.

Youngs, R. R., S. J. Chiou, W. J. Silva, J. R. Humphrey, Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes, *Seism. Res. Lett.*, 68, 58-74, 1997.

Annexe A : En savoir plus sur le séisme (liens Internet)

Communiqués de l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (OVSG)

http://volcano.ipgp.jussieu.fr:8080/guadeloupe/communiques_2004.htm

Informations IPGP

<http://www.ipgp.jussieu.fr/francais/rub-actualites/erupt/20041121-guadeloupe/20041122-guadeloupe.html>

Informations BRGM

<http://www.brgm.fr/sismicite.htm>

Informations Réseau RAP

http://www-rap.obs.ujf-grenoble.fr/bulletin:BULLETTIN_WEB_RAP.htm

Enquête macrosismique BCSF

<http://www.seisme.prd.fr>

Informations USGS

<http://earthquake.usgs.gov/eqinthenews/2004/usrcaz>

Informations Université Antilles-Guyanes

<http://calamar.univ-ag.fr/uag/geolog>

Informations Université de Trinidad

<http://www.uwiseismic.com>

Informations INSU-CNRS

<http://www.insu.fr/web/artiche/art.php?mode=2§ion=2&rub=&sous-rub=8art=1161&type=0date=1>

Informations Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)

http://www-dase.cea.fr/actu/dossiers_scientifiques/2004-11-21/index.html

Données accélérométriques du Conseil Général de la Martinique

<http://www.cgste.mq/meteorologie/seisme/21-11-2004/seisme.html>

Mécanisme au foyer du réseau Geoscope

<http://www.ipgp.jussieu.fr/rech/sismo/fr-site/CMT/2004/2004.html>

Annexe B : Photos

Terre de Bas



Dommmages sur la RD213, fissures sur la route



Dommmages sur la RD213, chutes de bloc



Hôtel de Ville de Terre de Bas, larges fissures sur les murs extérieurs



Domages sur une maison particulière

Terre de Haut



Fissures sur le porche de l'église



Dommmages sur une structure porteuse d'une maison au Centre Bourg



Dégâts dans une salle de classe de l'école municipale



Dégâts dans une salle de classe de l'école municipale



Terre de Haut Centre Bourg, chutes de blocs de béton d'une maison à étages.



Dégâts sur une maison particulière au dessus du Pain de sucre



Dégâts sur une maison particulière au dessus du Pain de sucre



Fissures larges sur un muret à l'entrée d'une villa



Dégâts sur une maison particulière



Maison sur piloti « vulnérable » sans dégât.

Saint-Louis de Marie Galante



Fissures sur le mur intérieur de la mairie de Saint-Louis



Fissures sur poteaux de la cours intérieure de l'école.



Fissures sur les poteaux en béton du marché couvert de Saint Louis

Saint-Claude



Fissures sur les murs de l'école de Matouba





Fissures sur les murs de l'école de Matouba



Maison particulière Matouba



Mouvement de terrain route de la Soufrière



Mouvement de terrain route de la Soufrière

Gourbeyre



Fissures au tiers de la hauteur du clocher de l'église de Gourbeyre



Appartement dans petit immeuble de deux étages à Gourbeyre Dolé.