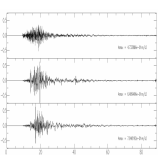
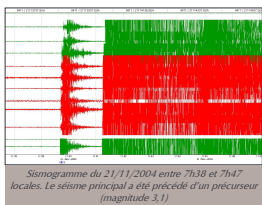


# 21/11/2004 : le séisme des Saintes (Mw 6.3) et ses répliques

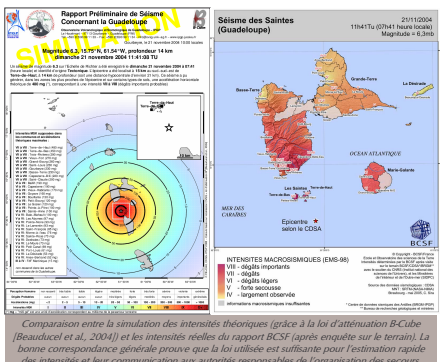


## 21/11/2004 11:41:08 TU

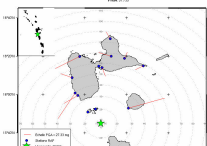
Un séisme de magnitude 6.3 (mb et Mw) s'est produit le dimanche 21 novembre 2004 à 11:41:08 TU (7h41 locales) dans l'arc des petites Antilles. C'est le tremblement de terre le plus important enregistré dans l'archipel de la Guadeloupe depuis plusieurs décennies. Il a provoqué la mort d'une jeune fille, et causé des dégâts importants aux Saintes, dans le sud de Basse-Terre, et à la Dominique.



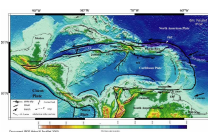
Stimogramme du 21/11/2004 entre 7h38 et 7h47 locales. Le séisme principal a été précédé d'un précurseur (magnitude 3.1)



Comparaison entre la simulation des intensités théoriques (grâce à la loi d'atténuation B-Cube) et les intensités réelles du rapport BCSF après enquête sur le terrain. La bonne correspondance générale prouve que la loi utilisée est suffisante pour l'estimation rapide des intensités et leur communication aux autorités responsables de l'organisation des secours.

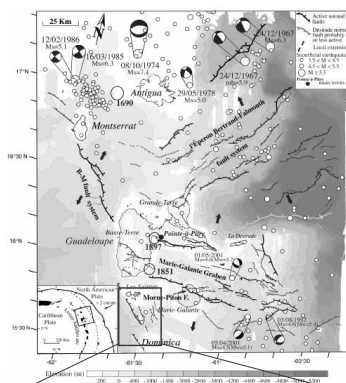


Données accélérométriques du réseau RAP : les accélérations horizontales maximum (PGA) ont atteint 0.16 g à Marie-Galante, mais il n'y avait pas à l'époque de station aux Saintes. Deux stations supplémentaires ont été installées quelques jours seulement après le séisme : l'une à Terre-de-Bas et l'autre à Terre-de-Haut. L'OVSG dispose depuis lors de mesures d'accélérations dites « en champ proche », avec des distances hypocentrales parfois inférieures à 1 km, et des valeurs très élevées (supérieures à 0.5 g).



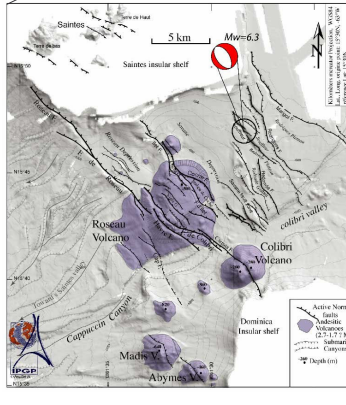
## Contexte géodynamique

Le séisme des Saintes s'est produit dans un contexte sismique et tectonique qui était bien connu des scientifiques. Grâce au suivi permanent de la sismicité régionale et à des études complémentaires, la faille du Roseau avait été partiellement identifiée en 1998 par des équipes de l'IPGP.



L'arc des Petites Antilles résulte de la subduction vers le sud-ouest des plaques américaines sous la plaque Caraïbe à la vitesse d'environ 2cm/an. Il est le site d'une sismicité importante que les réseaux de surveillance de l'Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe (IPGP) enregistre 24h/24. Les séismes antérieurs sont de deux types : certains se produisent à l'interface de subduction entre les plaques américaines et caraïbe. Le dernier grand séisme de ce type s'est produit le 8 Février 1843 ; d'autres séismes, plus superficiels, comme celui du 21 novembre 2004, ont lieu dans la plaque chevauchante caraïbe et sont liés aux failles dites « intraplaques ».

Les failles responsables des séismes superficiels dans la plaque caraïbe sont nombreuses et coupent toutes les îles de l'archipel de Guadeloupe. Elles résultent d'une extension parallèle à l'arc et forment deux familles. À l'Est, ces failles structurent des grabens perpendiculaires à l'arc, comme celui de Marie-Galante. À l'Ouest, elles forment un système en échelon qui accommode un mouvement latéral sénestre le long de l'arc volcanique actif. C'est sur ce système en échelon, au sud des Saintes, que s'est produit le séisme du 21 Novembre 2004. D'autres séismes similaires se sont déjà produits sur d'autres failles en 1851 (Capesterre B/E), 1897 (Pointe-à-Pitre), 1914, 1992 et 2001 (Marie-Galante).



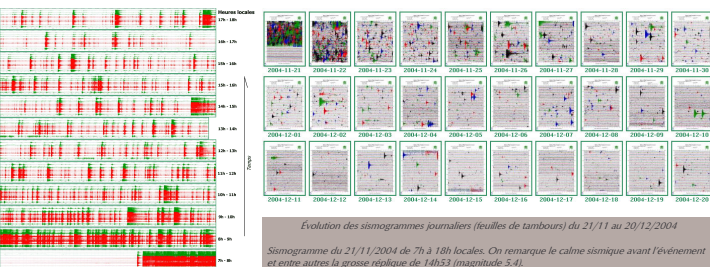
L'épicentre a été localisé en mer entre l'île de la Dominique et les îles des Saintes, au sud de la Basse-Terre de Guadeloupe, à environ 15°47' de latitude nord et 61°28' de longitude ouest. La profondeur du foyer est crustale, superficielle, d'environ 10 km. Le mécanisme du séisme est en faille normale, avec des plans nodaux orientés NW-SE, compatibles avec une extension NE-SW, en accord avec les observations tectoniques antérieures. Des observations locales suggèrent l'occurrence d'un petit raz de marée, compatible avec un affaissement local du fond marin. Le séisme, situé entre le plateau des Saintes et l'ancien volcan sous-marin, éteint, du Colibri, semble avoir rompu une faille normale récemment interprétée comme active par une équipe de l'IPGP à partir des données bathymétriques acquises lors de la campagne océanographique Agudamar (IPGP et CNRS-INSU, navire Atalante de l'Irremer).

Grâce à ces études, l'origine du séisme a été identifiée rapidement et l'Observatoire a pu donner aux autorités et aux médias des informations précises sur la nature du phénomène et la possible suite des événements...

Cartes de localisation des failles connues autour de la Guadeloupe et localisation du séisme du 21/11/2004. Le cercle indique le « mécanisme au foyer » du séisme confirmant qu'il s'agit d'une faille dite « normale ».

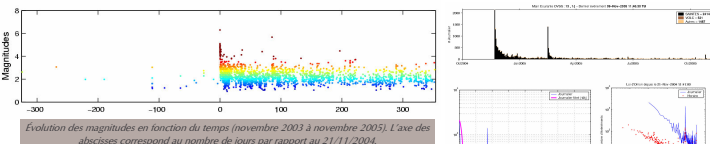
## Les répliques

Le séisme des Saintes a été suivi, à la date de novembre 2005, de près de 25 000 répliques. La plus importante d'entre elle, de magnitude 5,7 s'est produite le 14 février 2005, soit 85 jours plus tard et a engendré sa propre série de répliques mais qui s'est atténuée en quelques jours.



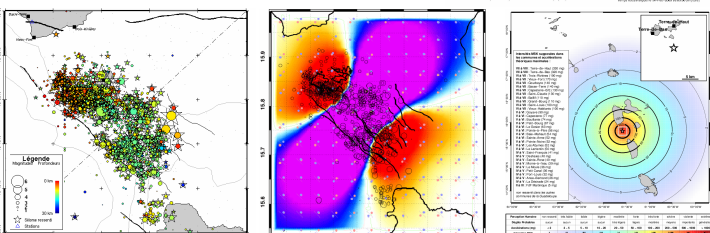
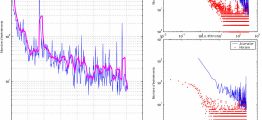
Evolution des stimogrammes journaliers (feuilles de tabourets) du 21/11 au 20/12/2004

Stimogramme du 21/11/2004 de 7h à 18h locales. On remarque le calme sismique avant l'événement et entre autres la grosse réplique de 14fév. (magnitude 5.7).



Evolution des magnitudes en fonction du temps (novembre 2003 à novembre 2005). L'axe des abscisses correspond au nombre de jours par rapport au 21/11/2004.

Evolution du nombre de répliques entre octobre 2004 et novembre 2005. En haut : nombre de séismes par jour. On remarque le pic à plus de 2000 le 21/11/2004. À gauche : mêmes données présentées avec une échelle logarithmique. A droite : loi d'Omori pour les répliques depuis le 21/11/2004 (graphe supérieur) et depuis le 14/02/2005 (graphe inférieur).



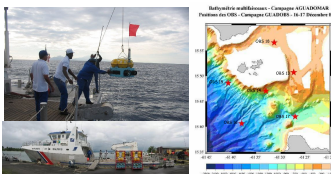
Localisation des épicentres des principales répliques (novembre 2004 - novembre 2005)

Calcul des contraintes de Coulomb liées au séisme du 21/11/2004 : les zones rouges correspondent à des contraintes fortes, moteur des répliques.

Communiqué envoyé lors de la réplique du 14 février 2005 (magnitude 5.7) : les intensités correspondent à des contraintes fortes, moteur des répliques.

## Les études complémentaires

Rapidement après le séisme des Saintes, l'IPGP, en concertation avec l'INSU, a mis en place une opération d'intervention pluri-instruments et pluridisciplinaire (sismomètres à terre et en mer, GPS, études tectoniques, etc...). La campagne GUADOBS est un résultat de cette concertation. Elle entre dans le cadre du « Chantier Antilles » de l'INSU, inscrit sur une plus longue durée et déjà mis en place depuis plusieurs mois.

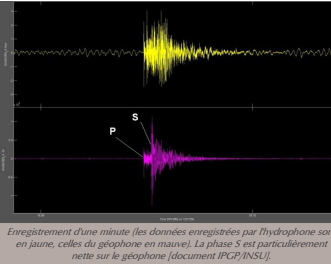


Récupération d'OBS sur le bateau des Phares et Baites (DOE) et carte des emplacements des 6 sismomètres installés (document IPGP/INSU).

### Campagne GUADOBS

Six sismomètres de fond de mer (OBS) appartenant au Parc National de l'INSU et gérés par l'IPGP ont été déployés autour de l'archipel des Saintes le 17 décembre 2004. Cette installation temporaire avait pour objectif de compléter le réseau terrestre de l'OVSG dans le but de préciser la localisation des répliques et de déterminer précisément la portion de faille responsable du séisme. Les OBS ont été récupérés les 24 et 25 janvier 2005 avec plus de 35 jours d'enregistrements continus. De nombreuses répliques ont ainsi été enregistrées, certaines ressenties aux Saintes, au sud de la Guadeloupe et au nord de la Dominique.

Pour cette opération, la Direction Départementale de l'Équipement et la Préfecture de Guadeloupe avaient gracieusement mis à disposition le balsaeur Kahouanne. L'analyse des stimogrammes est en cours. Une première inspection montre que la qualité des données est excellente. Le seul de détection est bien inférieur à celui du réseau terrestre et grâce à la grande dynamique des capteurs (un géophone couplé d'un hydrophone) peu de signaux sont saturés. Les ondes P (de pression) et S (de cisaillement) sont parfaitement visibles sur les stimogrammes et même l'onde T (onde acoustique se propageant en mer à l'intérieur du canal SOFAR) générée par le séisme de Sumatra du 27 décembre 2004 a été détectée par les hydrophones. Les deux objectifs principaux sont de mieux déterminer la position des hypocentres et d'obtenir par inversion topographique un modèle de vitesse de propagation des ondes plus précis que le modèle existant. Avant de débuter ce travail, il est nécessaire de calculer avec précision et par triangulation acoustique la position qu'avaient les OBS au fond de l'eau. En effet, les OBS sont portés par les courants sous-marins depuis la position du bateau lors du largage jusqu'à son ancrage au fond de l'eau.



Enregistrement d'une minute (les données enregistrées par l'hydrophone sont en jaune, celles du géophone en mauve). La phase S est particulièrement nette sur le géophone (document IPGP/INSU).

### Étude des déformations (GPS et tectonique)

Plusieurs stations GPS temporaires ont été installées aux Saintes, afin de contrôler les déplacements en surface liés à la rupture de la faille. Ces nouvelles mesures ont permis, grâce aux stations permanentes déjà en place (Houllmont et Soufrière) de vérifier que les mouvements n'ont pas dépassé quelques cm. En revanche, de nombreux éboulements se sont produits et sont bien visibles : ils témoignent des vibrations et des contraintes dans le sol.

### Reconnaissance sous-marine

Une plongée aux abords des Saintes a été effectuée en collaboration avec la Gendarmerie afin de localiser la trace éventuelle de la faille sur le fond marin.

### Effets du séisme sur la Soufrière ?

La Soufrière se trouve à seulement 40 km de l'épicentre du séisme des Saintes, c'est-à-dire dans la « zone d'influence probable » du séisme. La surveillance du volcan par l'OVSG a donc immédiatement été renforcée, notamment par un échelonage plus serré des gaz fumaroliques et des sources thermales, en complément d'une vigilance accrue des autres paramètres comme la sismicité volcanique. Aucun changement significatif n'a été détecté (en date de novembre 2005), mais les effets d'un fort séisme sur un volcan actif pourraient apparaître à plus long terme.

En revanche, de nombreux éboulements ont eu lieu sur le massif, résultat de la combinaison des très fortes pluies les jours précédant le séisme et des vibrations du séisme lui-même. La plupart des éboulements sont assez superficiels (sur le dôme notamment) mais celui du Pion Tarade a été suffisamment important pour condamner la route d'accès au volcan.