

# Microzonages sismiques en Haïti

**KAL-Haïti**  
**2ème atelier des contributeurs**  
**6 et 7 juin 2012 – CNES Paris**



République d'Haïti



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

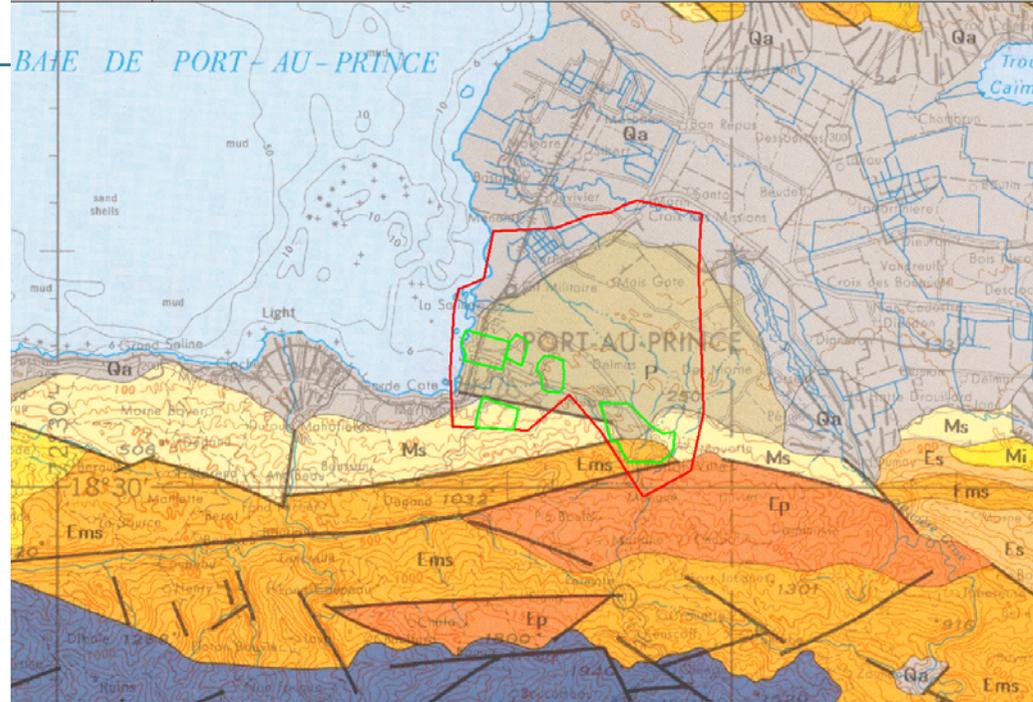
6 Juin 2012

# Le programme national de microzonage sismique

- > **Un projet de développement financé par le PNUD pour le Ministère des Travaux Publics (MTPTC)**
- > **Un partenariat entre:**
  - BRGM
  - BME (Bureau des Mines et de l'Energie)
  - LNBTP (Laboratoire National du Bâtiment et des travaux publics)
- > **Avec la collaboration d'autres institutions haïtiennes (CNIGS, Faculté des Sciences ...)**
- > **Le projet concerne actuellement 5 villes : Port-au-Prince, Cap-Haïtien, Fort-Liberté, Ouanaminthe, Port-de-Paix**
- > **Durée du projet**
  - Microzonage de Port au Prince : 18 mois (depuis Septembre 2011)
  - Microzonages de Cap-Haïtien, Fort-Liberté, Ouanaminthe, Port-de-Paix : 3 ans (Janvier 2012- Janvier 2015)

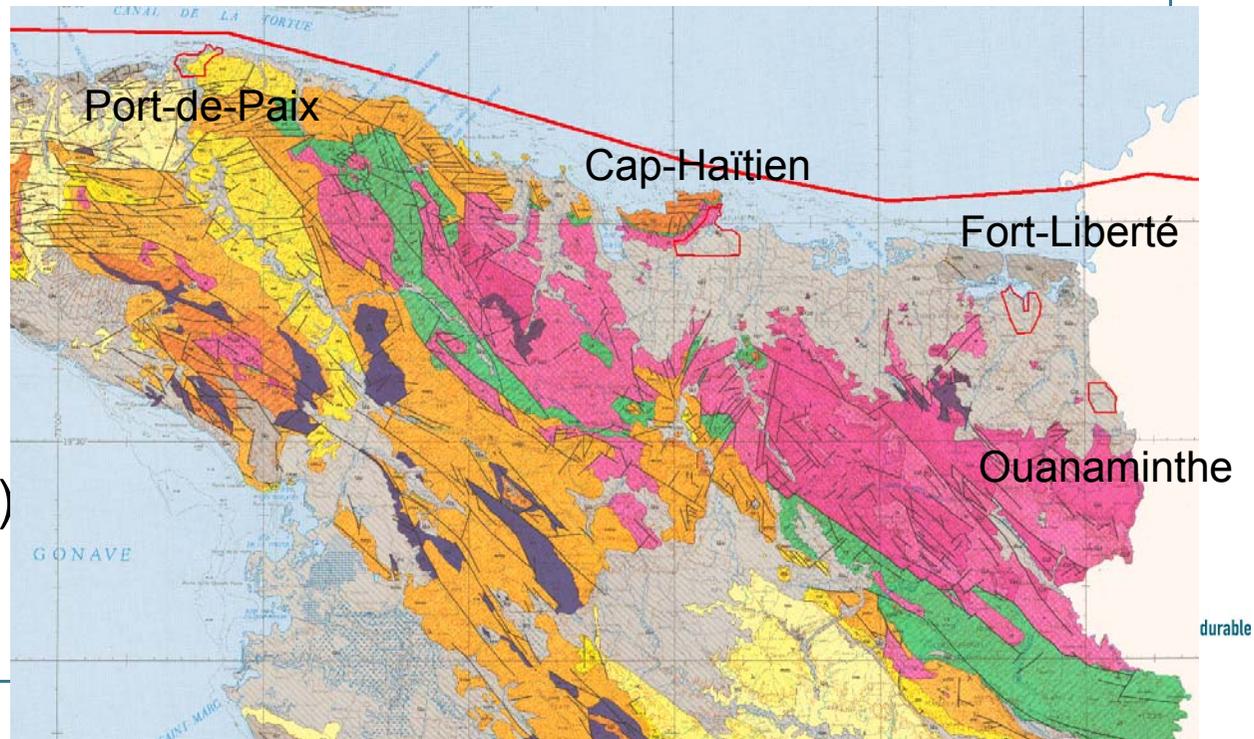
# Les zones étudiées

Pour Port au Prince:  
rouge: les limites du microzonage  
vert: zones prioritaires



Cap-Haïtien: 2012-2013  
Fort-Liberté: 2013-2014  
Ouanaminthe: 2013-2014  
Port-de-Paix: 2014

(en fond carte géologique)



# Formation et transfert de compétence

## > Une composante principale du projet consiste à former une équipe pluri-disciplinaire haïtienne (géologues, géophysiciens, géotechniciens, ingénieur SIG ...) à la réalisation de microzonages sismiques

- Formation au BRGM pendant 2 semaines en Janvier 2012
- Compagnonage sur le terrain par les ingénieurs du BRGM
- Objectif: le microzonage de Port-de-Paix devra être réalisé de façon autonome par les haïtiens sous le contrôle du BRGM

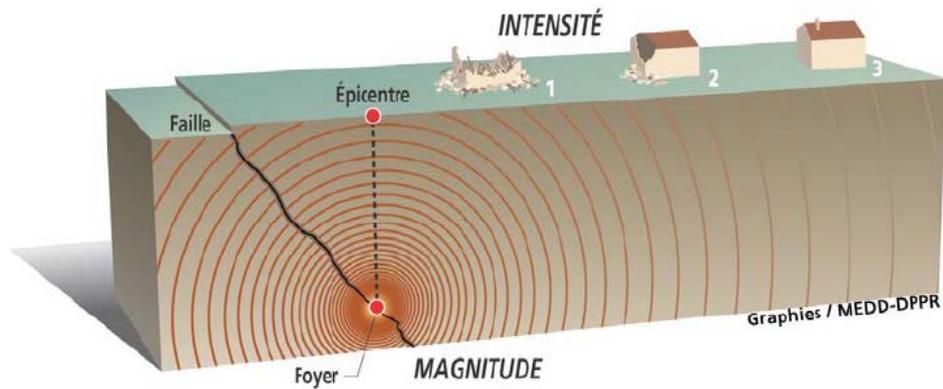
## > Un renforcement des équipements du LNBTP

- Matériel géophysique, véhicules, logiciels...

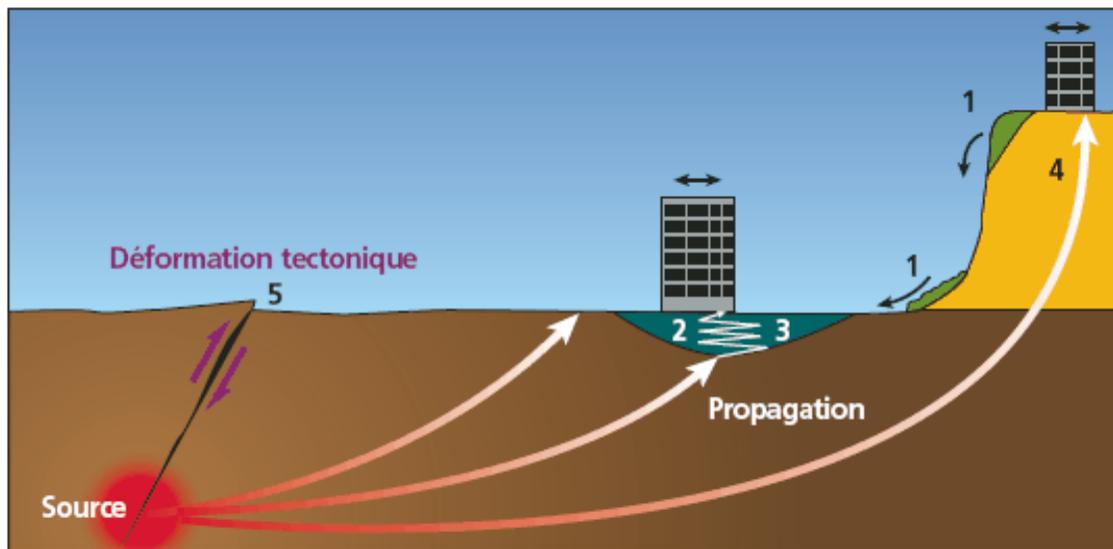
# Microzonage sismique

- > **Microzonage sismique = cartographie à l'échelle d'une commune ou d'une agglomération urbaine de zones de sols présentant une réponse homogène aux sollicitations sismiques**

# Aléa régional/ Aléa local



Aléa local (microzonage)



## Effets induits

1. Stabilité des versants
2. Liquéfaction

## Effets de sites

3. Lithologie
4. Topographie
5. Rupture en surface

> Aléa régional:  
exposition au danger pour un sol rocheux homogène

> Aléa local:  
aggravation du phénomène par les caractéristiques locales du sous-sol

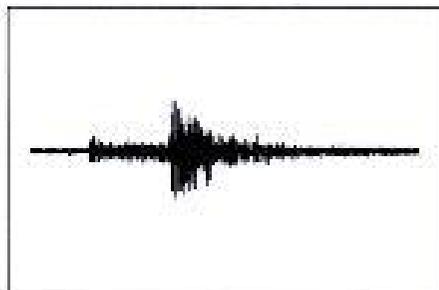


Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

# Effets de site

## EFFETS DE SITE



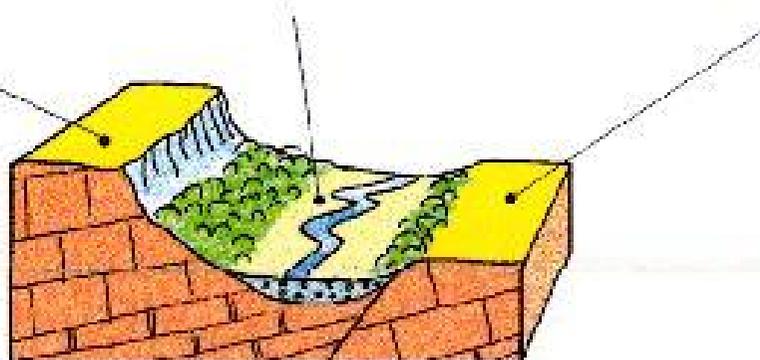
Amplification topographique



Amplification causée par la nature et la structure du sous-sol



Pas d'amplification "signal au rocher"

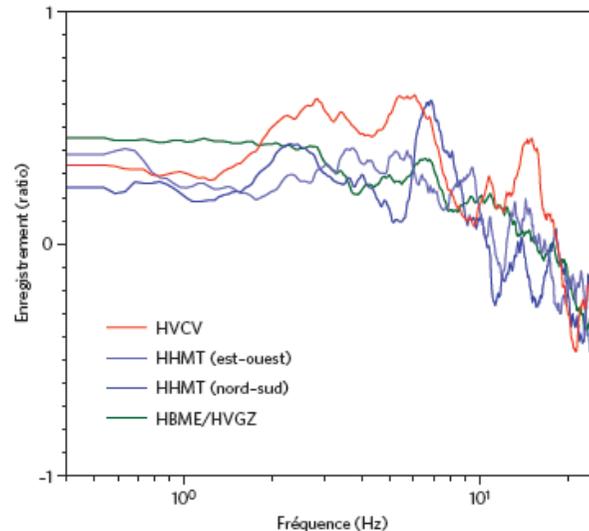


Effets de site : amplification de la vibration

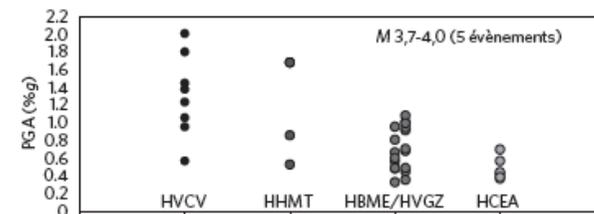
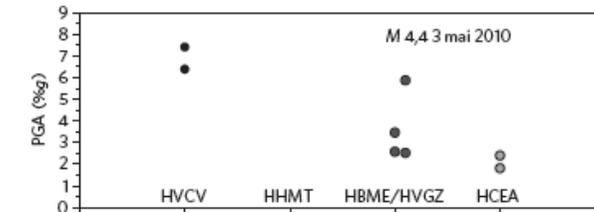
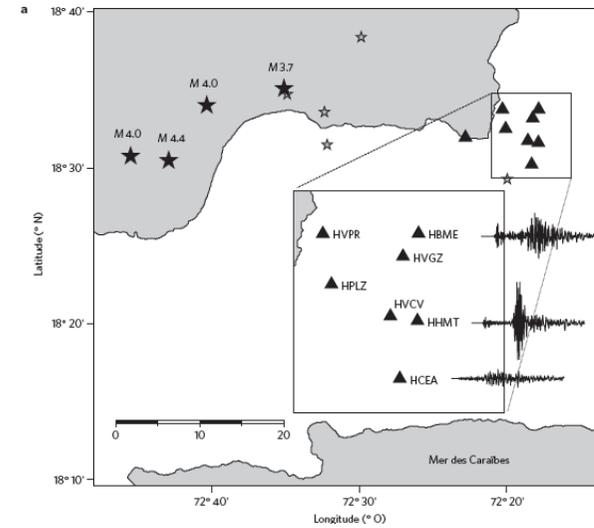
# Effets de site et stations accélérométriques

- Effets de sites mesurés sur des répliques du séisme de Janvier 2010 et des stations accélérométriques de l'USGS installées après le séisme
- Aucune donnée accélérométrique pour le séisme du 12 Janvier

HCEA : sur le rocher affleurant  
 HHCV – HHMT : crêtes topographiques  
 HBME: cône détritique Pliocène



**Schéma 3 | Réponse estimée du site par rapport à la station référence HCEA pour les stations de la crête et de la vallée.** Rapports spectraux logarithmiques moyens (base-10) calculés par rapport à la station référence et à HHMT (composants nord-sud et est-ouest séparément, trois événements), HVCV (moyenne des composants nord-sud et est-ouest, cinq événements) et HBME et HVGZ (moyenne des composants nord-sud et est-ouest, quatre événements par station).



**Schéma 4 | Valeurs maximales d'accélération observées (crête à crête) pour les répliques de magnitude 3,7-4,4.** Valeurs PGA des deux composants horizontaux, relevées séparément, pour les événements mentionnés dans le tableau 1. Les stations de la vallée ('HBME+') sont HPLZ, HVPR, HBME et HVGZ. Les deux stations de la vallée sont mises en balance dans un souci de clarification: HBME (3,0) et HVGZ (3,1).

Hough et al. (2010)

# Liquéfaction



Séisme d'Haïti,  
12/01/2010  
Zone portuaire de Port-  
au-Prince, mission AFPS,  
2010



# Mouvements de terrain

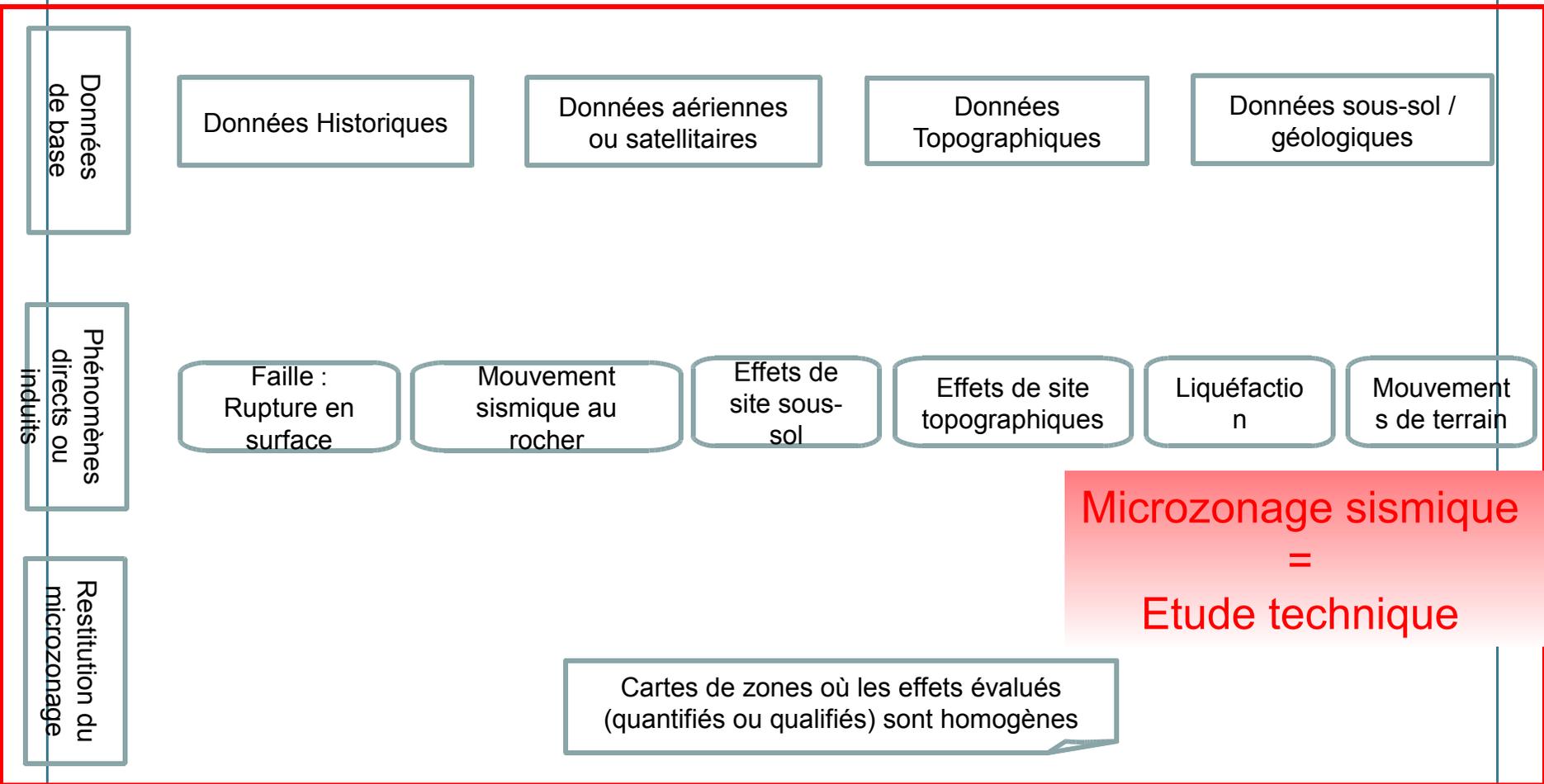


© Photo: Michel Matera, PNUD

erre durable

**GLISSEMENT DE TERRAIN DANS LA VALLÉE DE BOURDON, PORT-AU-PRINCE, OCTOBRE 2004**

# Méthodologie de réalisation du microzonage



**Traduction opérationnelle**

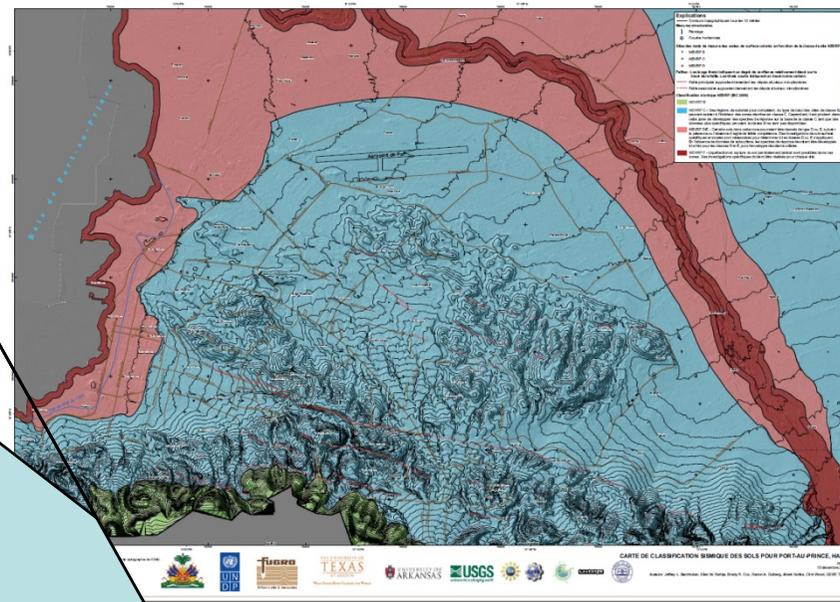
## Plan de Prévention du Risque

Plan de zonage réglementaire (ou incitatif), avec prescriptions (ou recommandations) en matière d'occupation des sols, de pratique constructive et de secours.

20 Octobre 2011

**brgm**  
Géosciences pour une Terre durable

# Microzonage : trois degrés d



## ◆ Niveau A – rudimentaire

Compilation de l'existant

Echelle 1/25000ème  
de sol (A, B, C, D, E)

## ◆ Niveau B - intermédiaire / qualitatif

+ levé géologique détaillé + méthodes simplifiées

Echelle 1/10000ème  
carte des F0 et A0

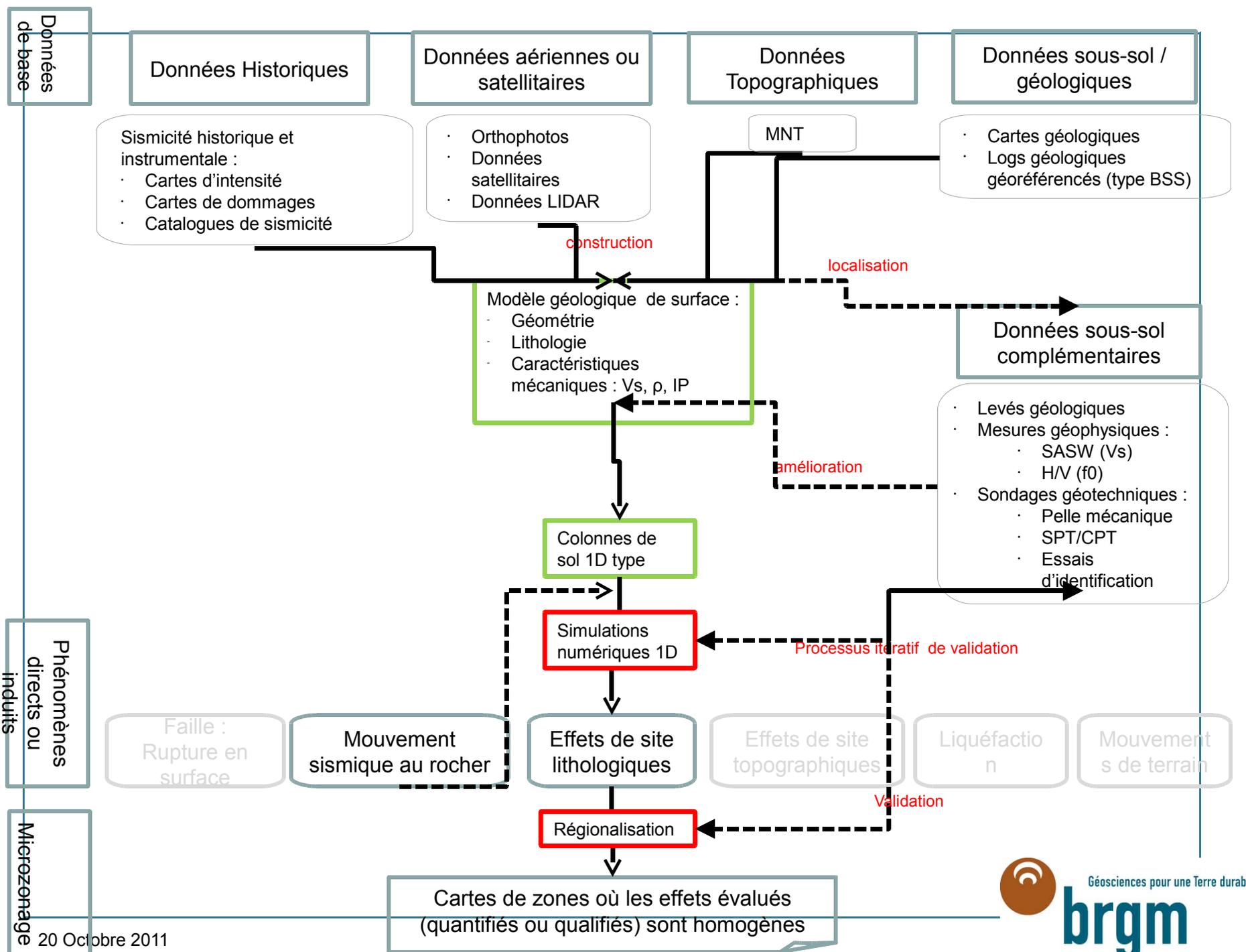
## ◆ Niveau C – élaboré / quantitatif

+ reconnaissances spécifiques + analyses détaillées

Echelle 1/10000ème à 1/5000ème  
carte des F0 et A0 + spectres de réponse

Sciences pour une Terre durable

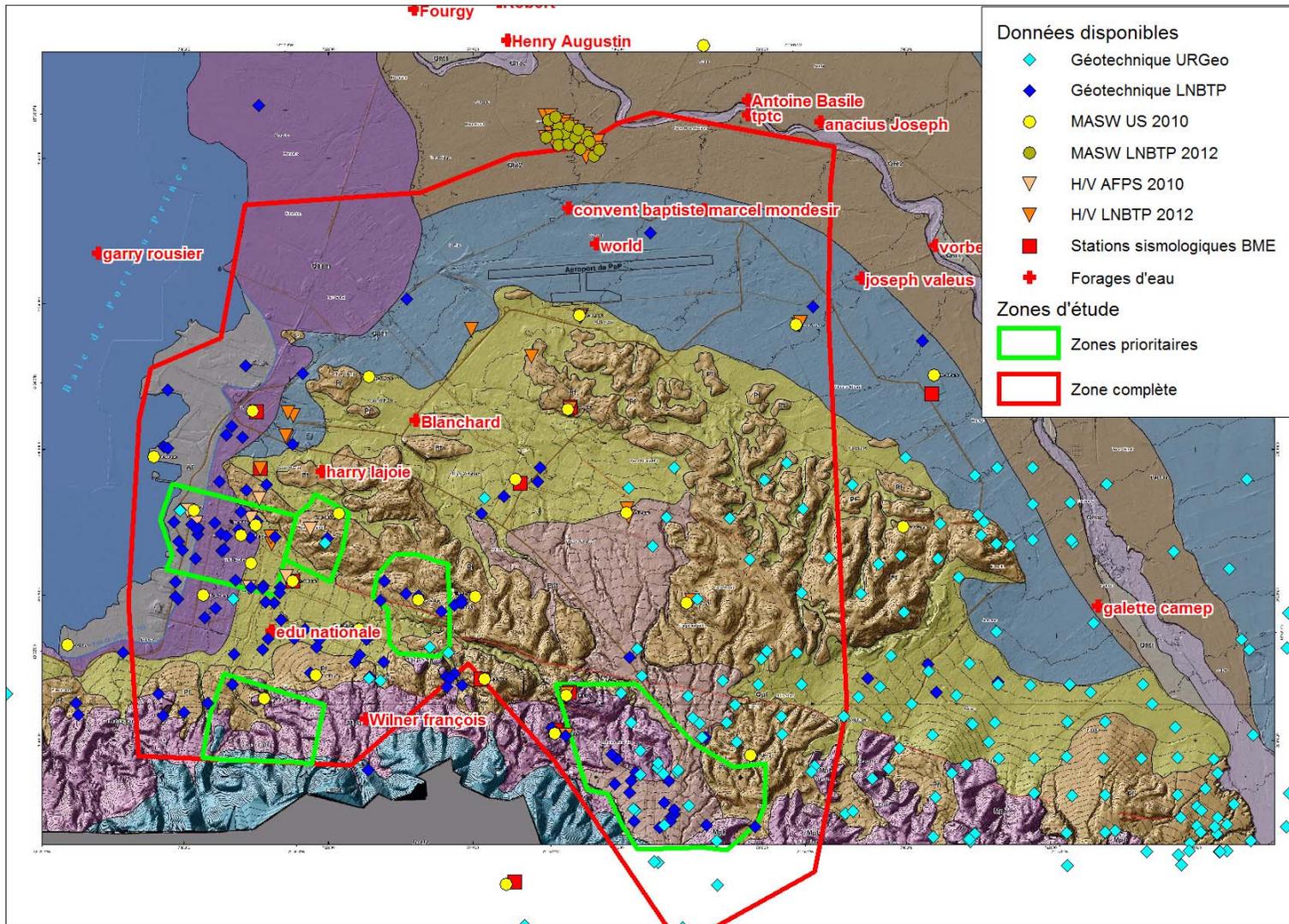




Phénomènes directs ou induits

Microzonage

# Géoréférencement des données géophys/géotech disponibles

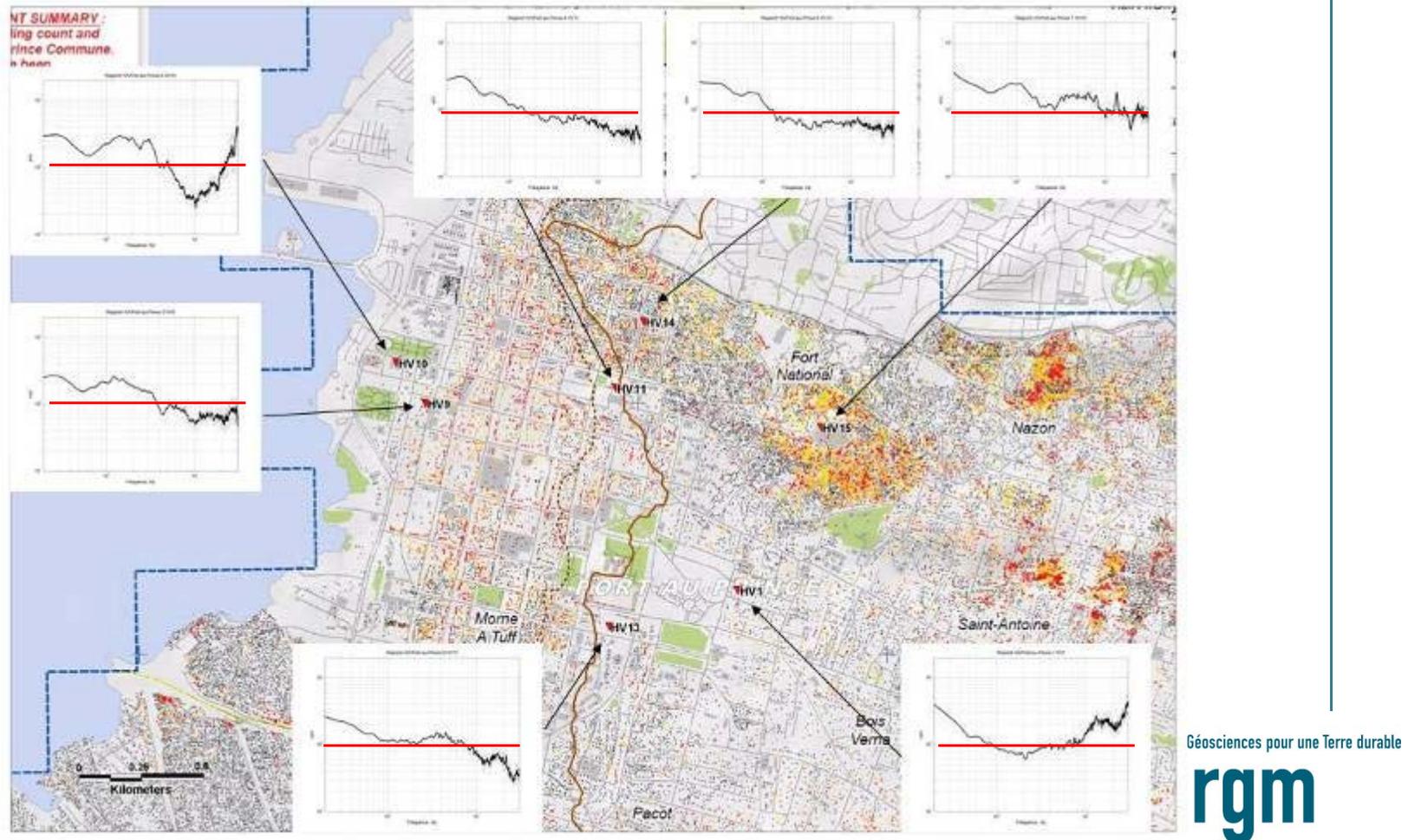


# Synthèse géologique préliminaire

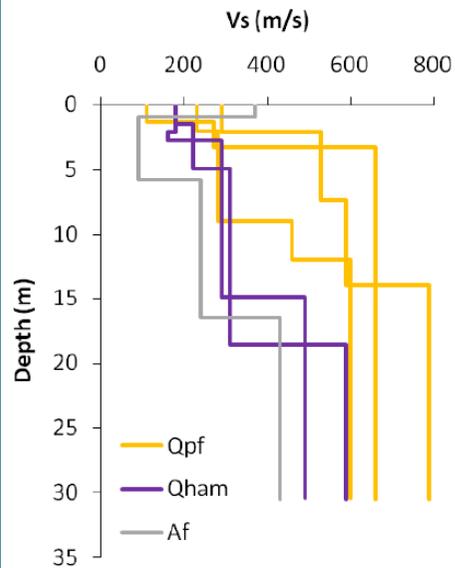
- Compiler les données existantes, cartes 2D ou données ponctuelles en profondeur (Z) :
  - Cartes géologiques
  - Carte topographique (relation stabilité des pentes/épaisseur des altérites argileuses)
  - Documents écrits : notices des cartes, rapports
  - Images : photos aériennes, satellites
  - Coupes en profondeur : coupes géologiques, profils sismiques ou mesures SASW
  - Données ponctuelles tels que les forages, décrits et géoréférencés (cf. BSS)
- Terrain :
  - Nouvelles acquisitions : observations d'affleurements, forages géotechniques, profils sismiques,
  - Vérifications, allers retours entre les observations et l'interprétation géologique
- Organisation spatiale des dépôts :  
Comprendre à minima la mise en place des dépôts géologiques pour accéder à la 3D  
...et donc aux colonnes de sols

# Mesures géophysiques – H/V

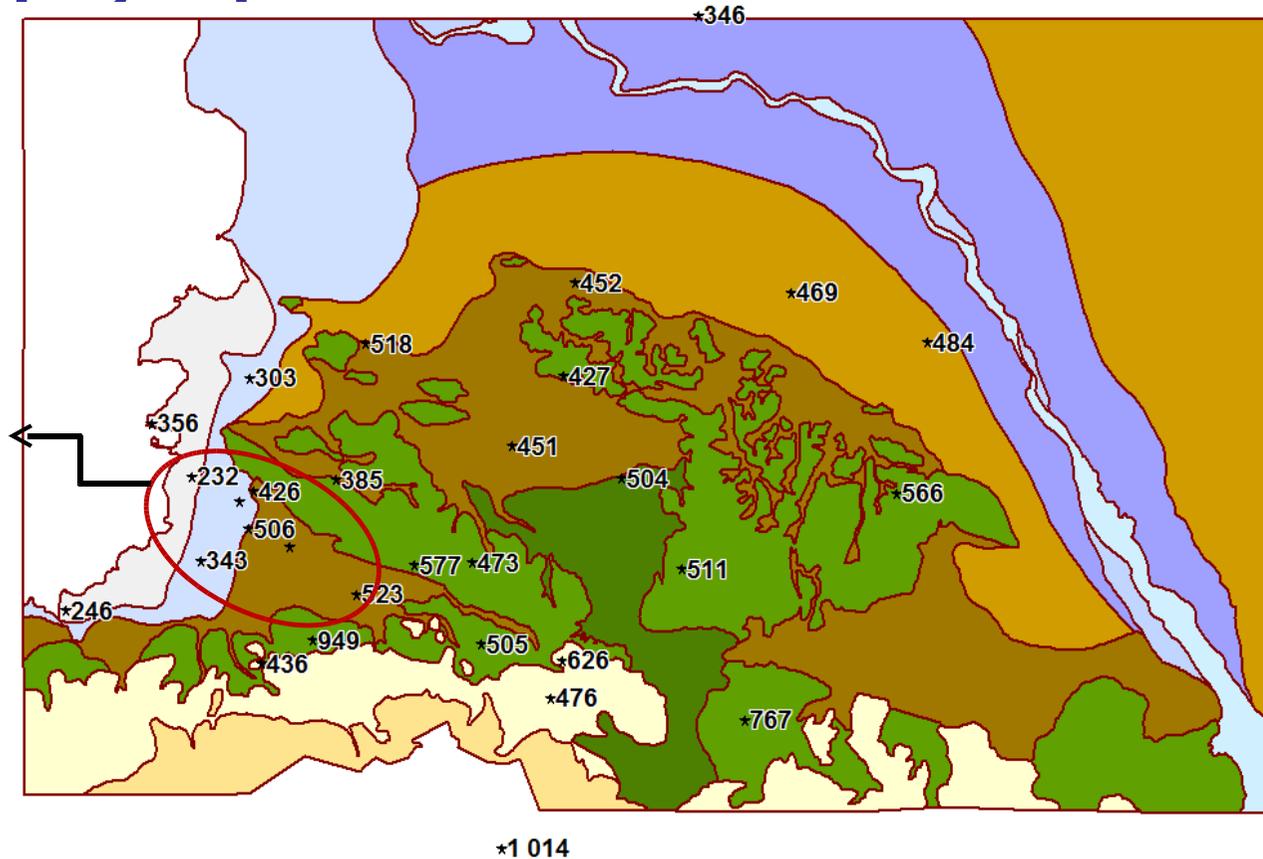
- Mesure de bruits de fond ambiant et rapport des spectres de composantes horizontale/verticale
- Sur certains types de sol de Port-au-Prince, des effets de sites peu mis en évidence par cette méthode sur des mesures préliminaires



# Mesures géophysiques - MASW – Vs30



D'après E. Rathje et al. (2010)



- 36 mesures MASW faites en avril 2010 par les équipes américaines
- Sols de type B et C (EC8) sur l'ensemble de la zone urbaine. Mais hétérogénéité forte.



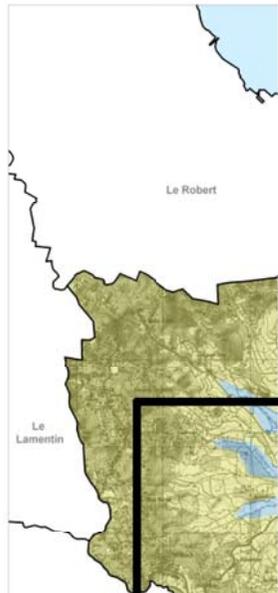
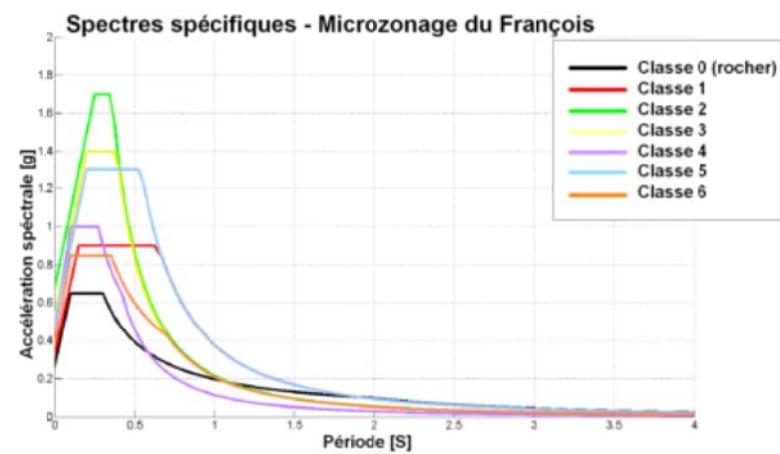
# Cartographie de l'aléa mouvements de terrain

> La cartographie de l'aléa mouvement de terrain passe par les étapes suivantes

- 1/ Typologie des mouvements de terrain affectant la zone
- 2/ Détermination des facteurs de prédisposition et de déclenchement, pour chaque type de mouvement de terrain
- 3/ Cartographie des formations superficielles (examen de la nature du sol dans la zone d'étude)
- 4/ Croisement numérique des données : carte géologique des formations superficielles x carte des pentes pour obtenir la carte d'aléa mouvements de terrain
- 5/ Validation terrain

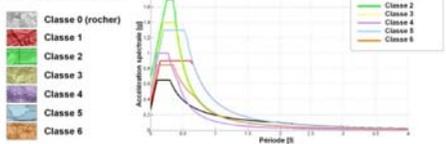
# Effets de site lithologiques

## Zonage sismique Effets de site lithologiques

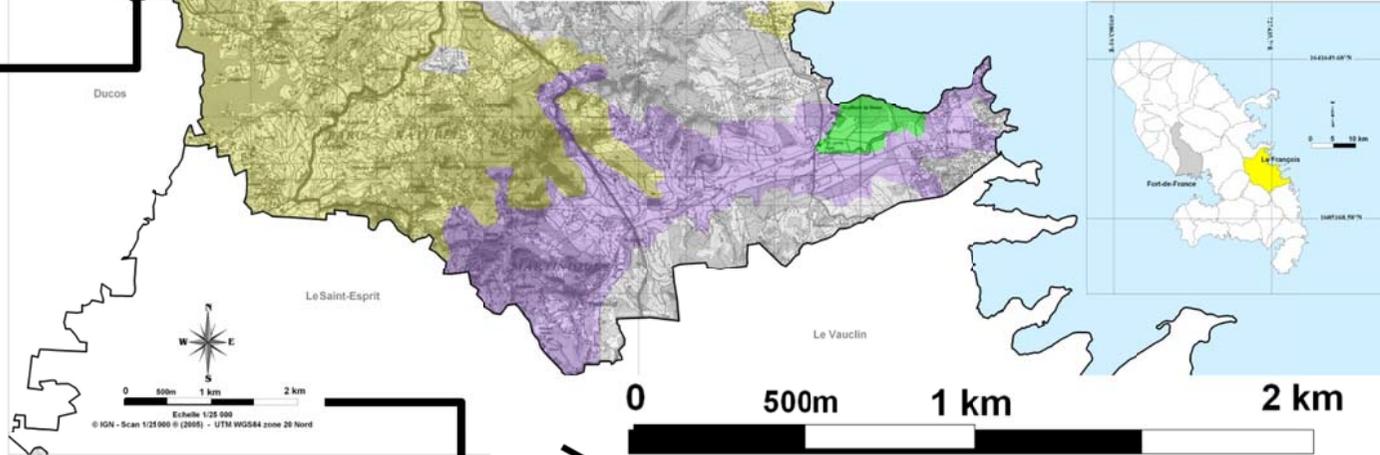


Zone / Classe d'effets de site lithologiques	$R_A$ (g) (PGA)	$R_M$ (g) (Plateau en accélération)	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
F0	0,26	0,65	0,10	0,30	2,00
F1	0,32	0,90	0,15	0,62	0,67
F2	0,67	1,70	0,25	0,34	0,37
F3	0,52	1,40	0,20	0,37	0,40
F4	0,45	1,00	0,10	0,27	0,42
F5	0,49	1,30	0,20	0,52	0,55
F6	0,37	0,85	0,10	0,35	0,70

## Zonage sismique effets de site lithologiques



Zone / Classe d'effets de site lithologiques	$R_A$ (g) (PGA)	$R_M$ (g) (Plateau en accélération)	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
F0	0,26	0,65	0,10	0,30	2,00
F1	0,32	0,90	0,15	0,62	0,67
F2	0,67	1,70	0,25	0,34	0,37
F3	0,52	1,40	0,20	0,37	0,40
F4	0,45	1,00	0,10	0,27	0,42
F5	0,49	1,30	0,20	0,52	0,55
F6	0,37	0,85	0,10	0,35	0,70

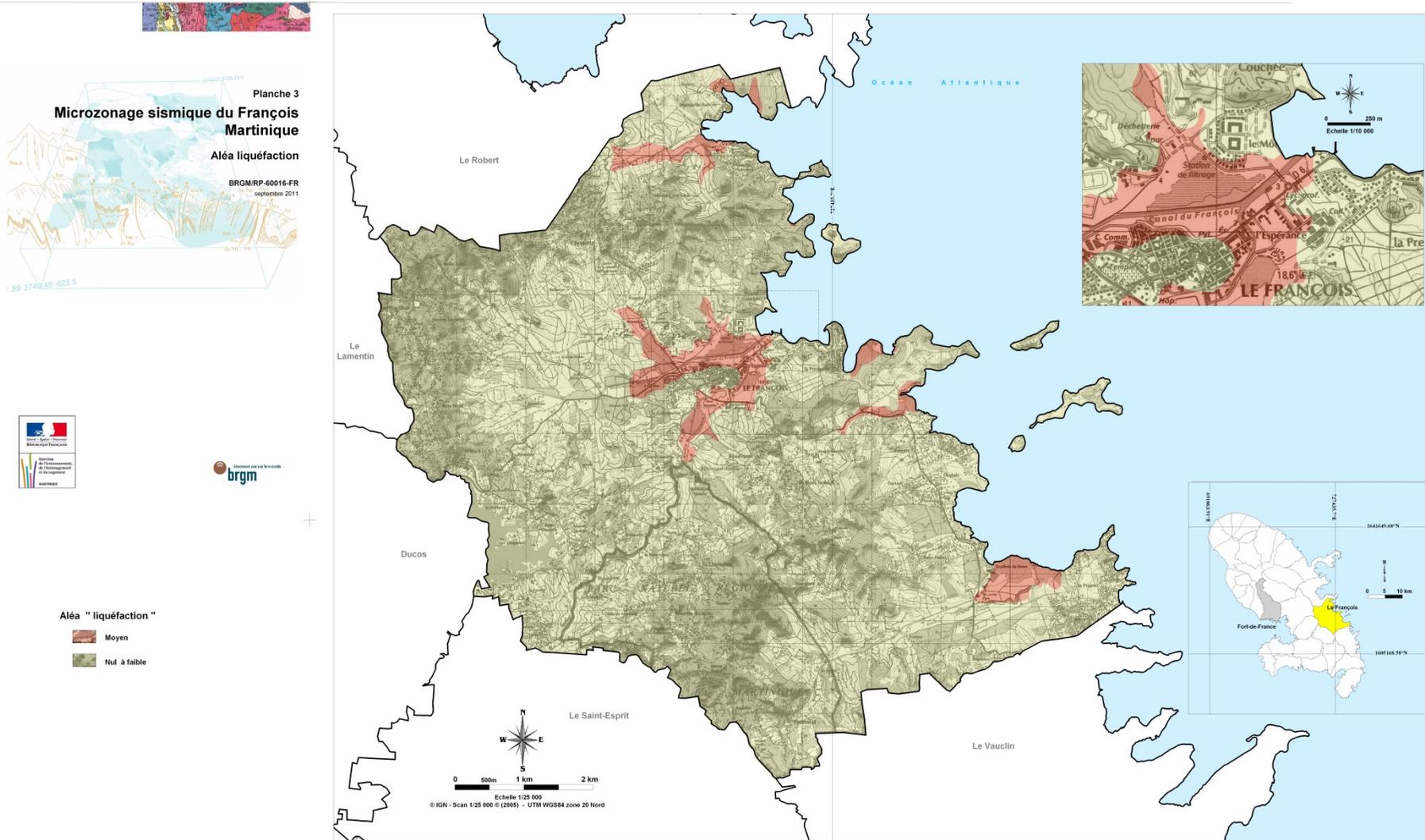


Echelle 1/25 000

© IGN - Scan 1/25 000 ® (2005) - UTM WGS84 zone 20 Nord



# Aléa liquéfaction



# Aléa mouvements de terrain

PLANCHE 2  
NORD

MICROZONAGE SISMIQUE DES COMMUNES  
DE BASSE-TERRRE, SAINT-CLAUDE, GOURBEYRE ET BAILLIF  
(GUADELOUPE)

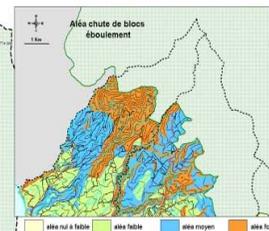
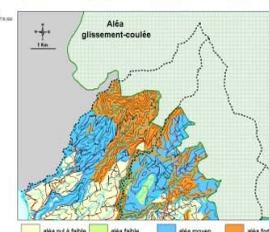
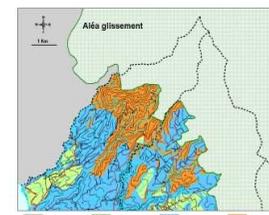
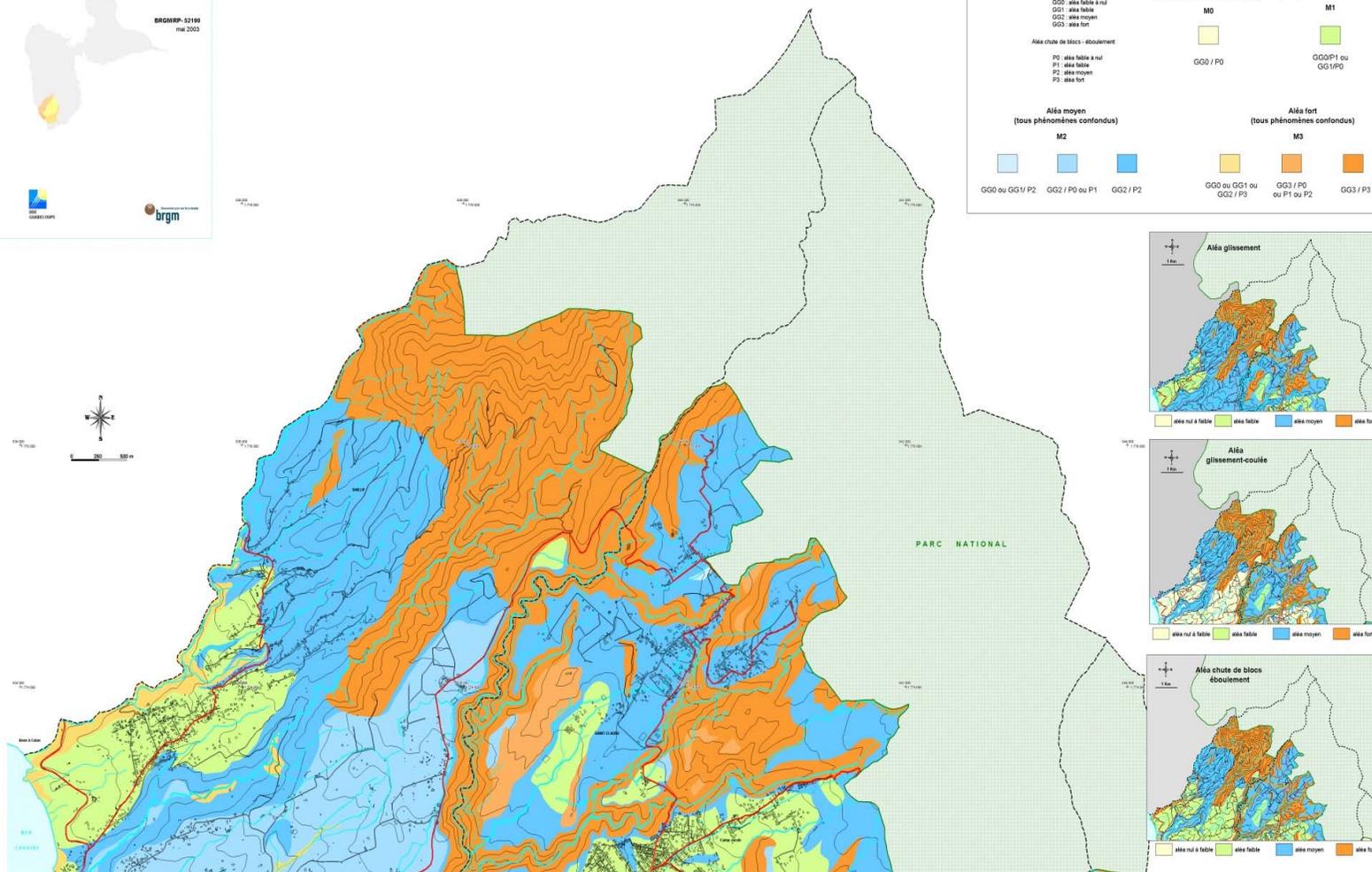
ZONAGE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

BROUPEP 53119  
mai 2003



## MICROZONAGE SISMIQUE DES COMMUNES DE BASSE-TERRRE, SAINT-CLAUDE, GOURBEYRE ET BAILLIF (GUADELOUPE) ZONAGE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN (partie Nord)

Aléa glissement de terrain (tous types de glissements confondus)	Aléa nul à faible (tous phénomènes confondus)	Aléa faible (tous phénomènes confondus)
GG0 : aléa faible à nul GG1 : aléa faible GG2 : aléa moyen GG3 : aléa fort	M0	M1
Aléa chute de blocs - éboulement	GG0 / P0	GG0/P1 ou GG1/P0
P0 : aléa faible à nul P1 : aléa faible P2 : aléa moyen P3 : aléa fort		
Aléa moyen (tous phénomènes confondus)	Aléa fort (tous phénomènes confondus)	
M2	M3	
GG0 ou GG1 / P2	GG2 / P0 ou P1	GG2 / P2
	GG0 ou GG1 ou GG2 / P3	GG3 / P0 ou P1 ou P2
		GG3 / P3



Terre durable



# Restitution

- **Pour Port au Prince, restitution du microzonage au 2d trimestre 2013**
- **La cartographie finale réalisée par le CNIGS**
- **Les résultats sont publics et doivent être largement diffusés**
- **Diffusion des résultats via KAL-Haïti: possible mais après validation des travaux (et accord) par MTPTC et PNUD**