

Eric CALAIS

Professeur de Géophysique  
Purdue University

[ecalais@purdue.edu](mailto:ecalais@purdue.edu)

PNUD Haïti

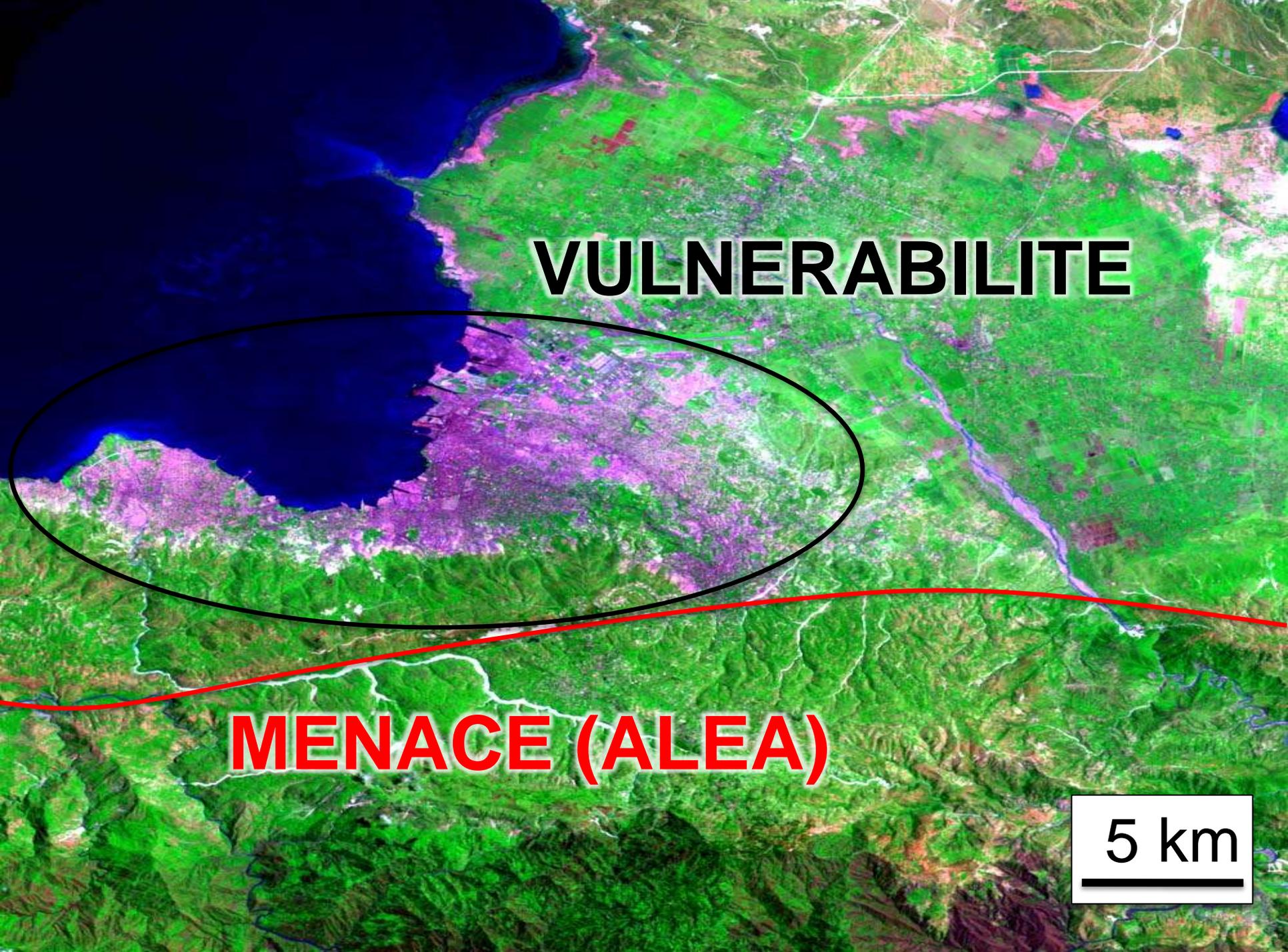
[eric.calais@undp.org](mailto:eric.calais@undp.org)

# Le séisme du 12 janvier 2010 : chroniques d'un désastre annoncé



Bureau des Mines et de l'Energie (BME), Dir. Protection Civile (DPC)  
Centre National pour l'Information Geospatiale (CNIGS)  
Observatoire National pour l'Environnement et la Vulnerabiilté (ONEV)  
Université d'Etat d'Haiti (Faculté des Sciences)  
Programme des Nations Unies pour le Développement (UNDP)  
Voila (Trilogy International), Trimble, Inc.





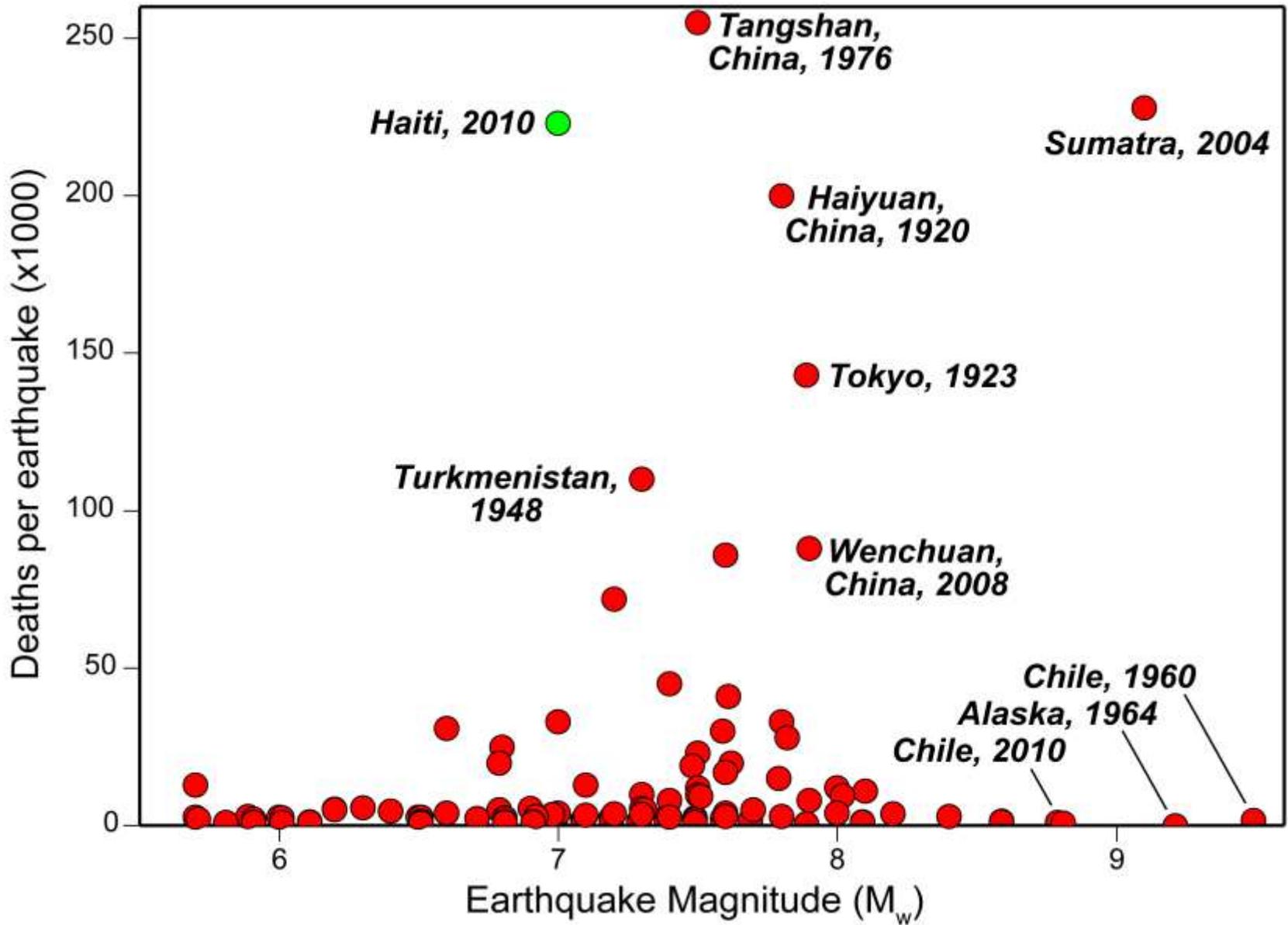
**VULNERABILITE**

**MENACE (ALEA)**

5 km

Photograph K. Hudnut, USGS





Compilation R. Bilham (U. Colorado), figure A. Freed (Purdue)

Hazard	GDP affected	People affected	Fatalities
2004 hurricane Jeanne	7%	300 000	5 000
2007 hurricanes Dean+Noel	2%	194 000	330
2008 hurricanes FGHI	15%	1 000 000	800
2010 earthquake	100%	2 000 000	222 500
<b>Total</b>		<b>3 494 000</b>	<b>228 600</b>

Source PDNA, 2010

“The most destructive event a country has ever experienced when measured in terms of the number of people killed as a share of the country’s population.” IDB, 2010



# Le séisme du 12 janvier 2010



USGS ShakeMap									
Instrumental Intensity	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
Potential Shaking	No felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very Strong	Severe	Fiercely	Extreme
Potential Damage	None	None	None	Very Light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy

- 21:53:10 UTC; 16:53:10 local
- Magnitude 7.0
- Epicentre:
  - 25 km WSW de PaP
  - Profondeur 13 km
- Rupture:
  - Dure environ 10 secondes
  - D'est en ouest => max. énergie « envoyé » vers l'ouest
- Répliques
- Pas de réseau sismologique



# Le séisme du 12 janvier 2010

Enregistrement du séisme et des premières répliques au lycée français (programme « sismo des écoles »)



• 21:53:10 UTC; 16:53:10 local

• Magnitude: 7.0

• TO

• Epicentre: 13 km WSW de Pa...

– Profondeur 13 km

- Rupture:
  - Dure environ 10 secondes
  - D'est en ouest => max. énergie « envoyé » vers l'ouest
- Répliques
- Pas de réseau sismologique



# **Les séismes en Haiti, une nouveauté ?**

3 juin 1770, M~7.5

B O S T O N, *August 6.*

BY Captain Packwood, who is arrived at New London from Cape Nichola, which place he left the 4th of July, we learn that since the earthquake at Hispaniola, on the 3d of June, there had been a daily trembling of the earth, not only at Port au Prince and the villages adjacent. but at the Cape, 150 miles distant. That the destruction occasioned by the first shock at Port au Prince surpasses description, and any account of it was forbid by the General to be published there, lest it might too much terrify and discourage the inhabitants, most of whom had taken shelter on board the shipping for near a fortnight after the first shock; but on a seeming probability that the shocks would subside, numbers of them returned to the town, with design to rebuild their habitations. However, on the 20th of the month they had another shock, still more violent than the first, which threw down the only five houses that survived the former, and had so much intimidated the inhabitants that it was thought the town would be entirely abandoned, and another built on a new spot. The town of Port au Prince was computed to contain 2500 houses, and was the seat of government; that since the earthquake it was very sickly there, and they were in the greatest distress imaginable for want of provisions.

7 mai 1842, M~8.0

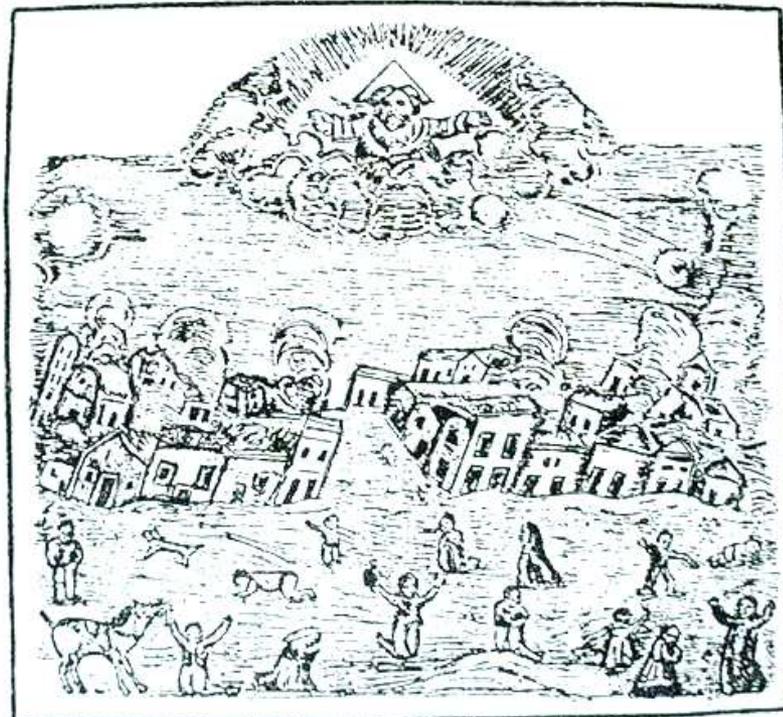
## TERREMOTO

EN

LA ISLA DE HAÏTI, O SUCESOS MEMORABLES

del dia 7 de Mayo 1842,

Redactados por el Capitan J. R. MARQUEZ en Santo Domingo el  
30 de Mayo de 1842.



# Qu'est-ce qu'un séisme?

Une source



Un vecteur



Des conséquences



La faille de la Presqu'île du Sud: Des carrières de La Boule aux rivières Froide et Momance, Miragoane, Camp Perrin, Tiburon...

Onde sismique:  
le mouvement du sol

Destructions: le séisme du 12 janvier 2010, Haïti (M7.0)



Implantation inadéquate –  
liquéfaction en zone portuaire



Travail et matériau inadéquats -  
Université Quisqueya- Faculté de  
Génie Civil



Conception inadéquate – bâtiment  
« soft story » rue Capois



Planification inadéquate =



**“Les villes sont des ADMs...” (Prof. R. Bilham)**



### Tour DIGICEL:

Conçue selon la norme ACI 318  
Bon comportement tandis que les  
bâtiments adjacents ont été  
sévèrement endommagés



Ambassade des USA :  
Etude sismique préalable  
Bon comportement  
(mais zone inondable...)

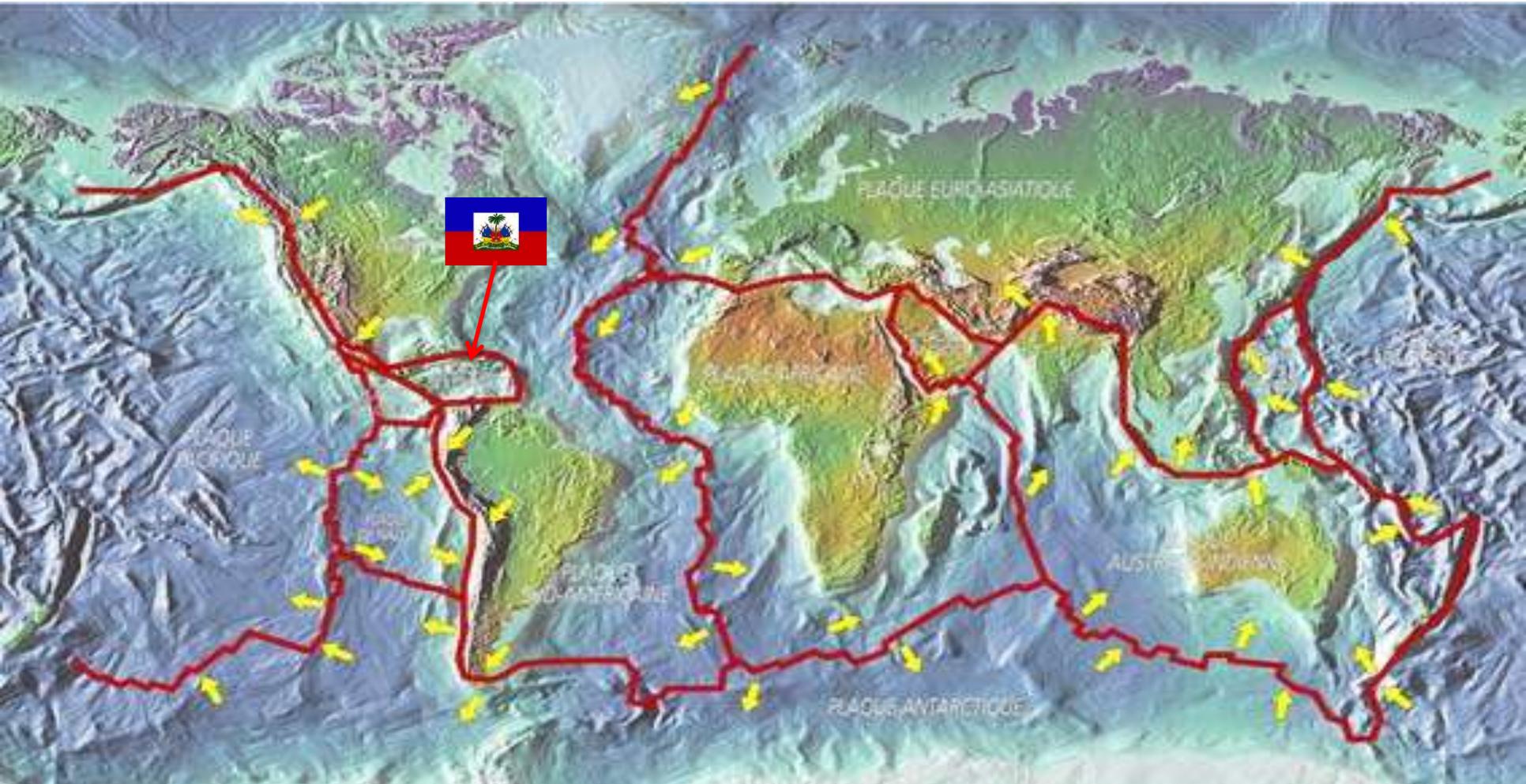
**Les solutions parasismiques existent**

# Quelle logique géographique?



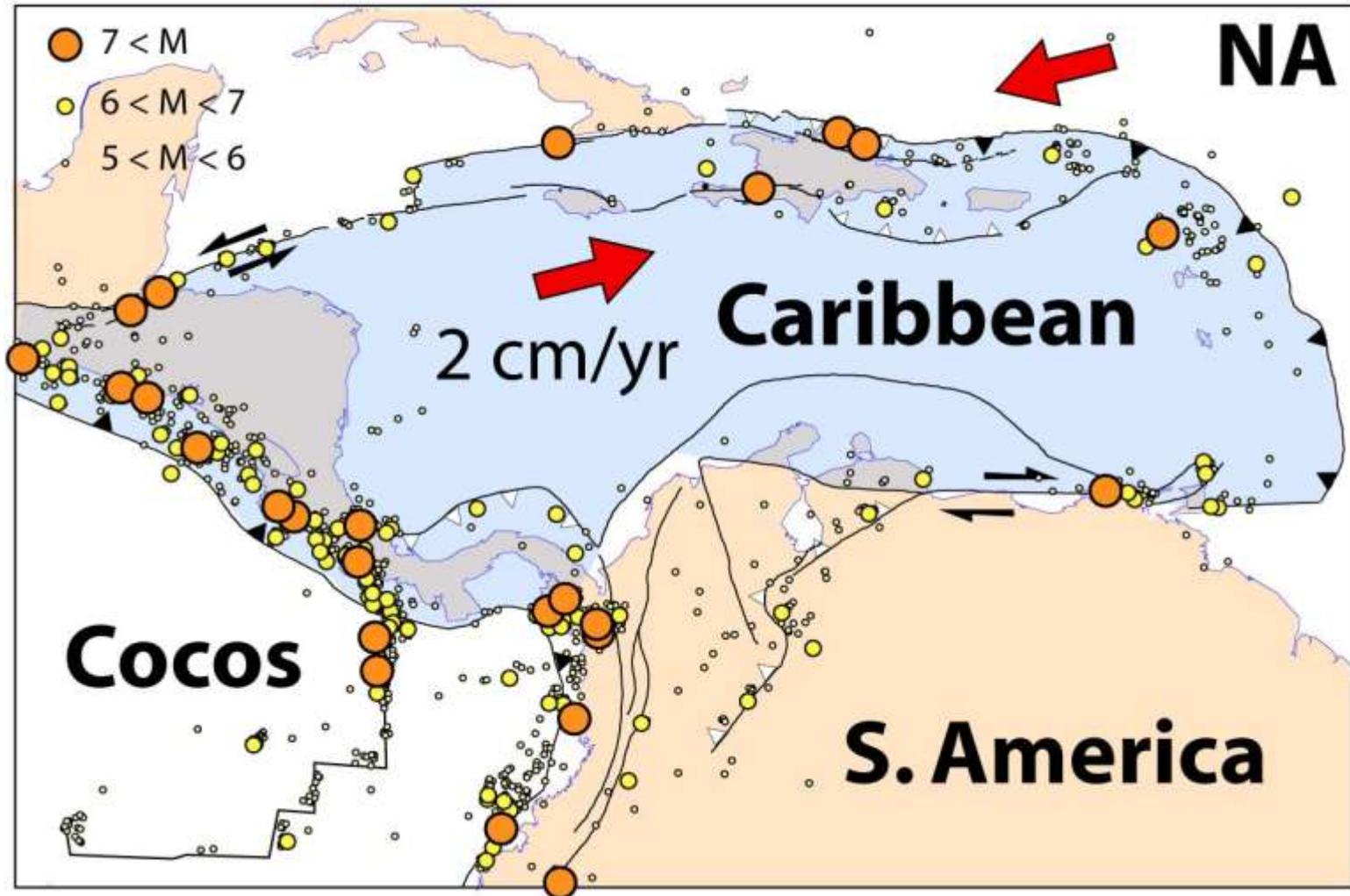
Les séismes sont distribués de manière organisée: ils suivent les frontières des plaques tectoniques

# Quelle logique géographique?

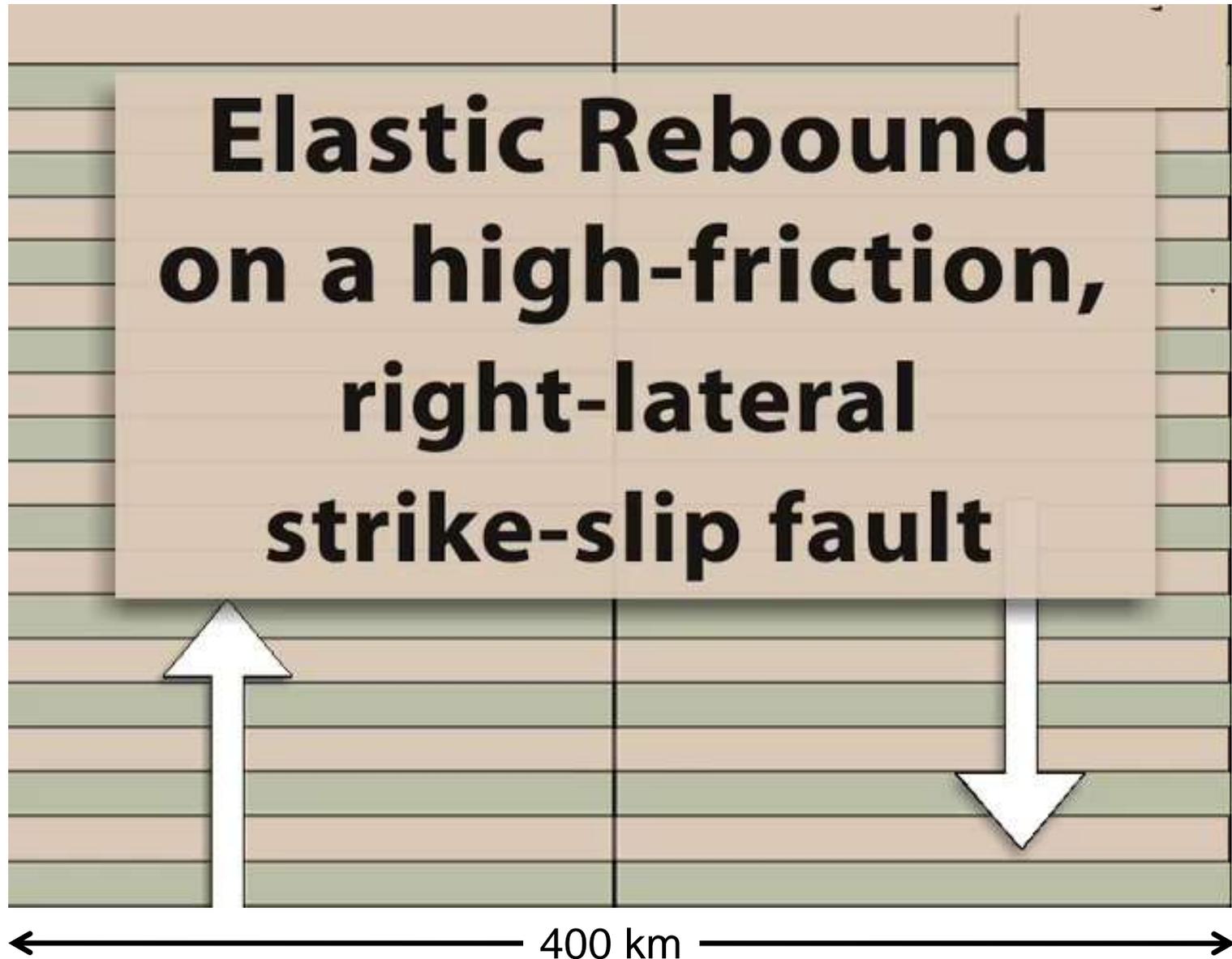


... les plaques tectoniques sont en mouvement continu (quelques cm/an) => les séismes sont inexorables à leurs frontières ...

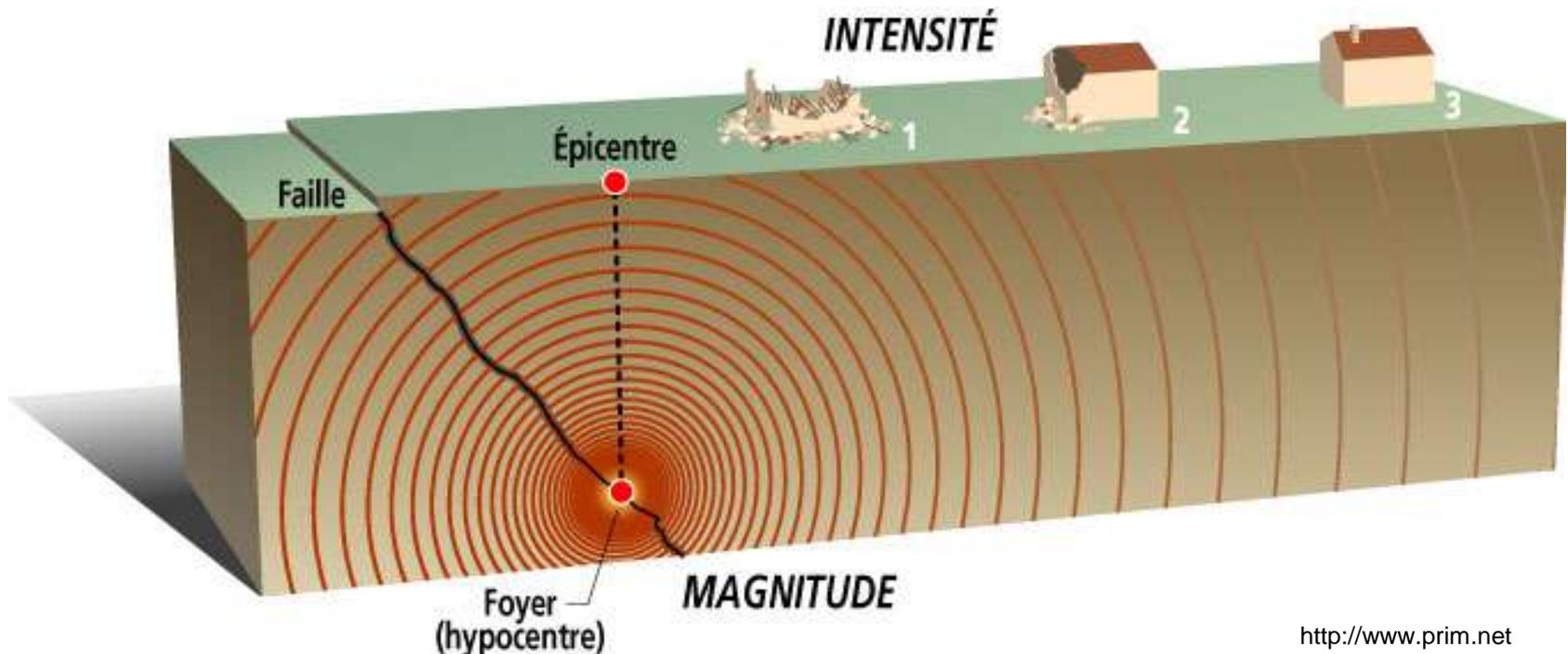
# Dans la Caraïbe?



# Comment en arrive-t-on au séisme?

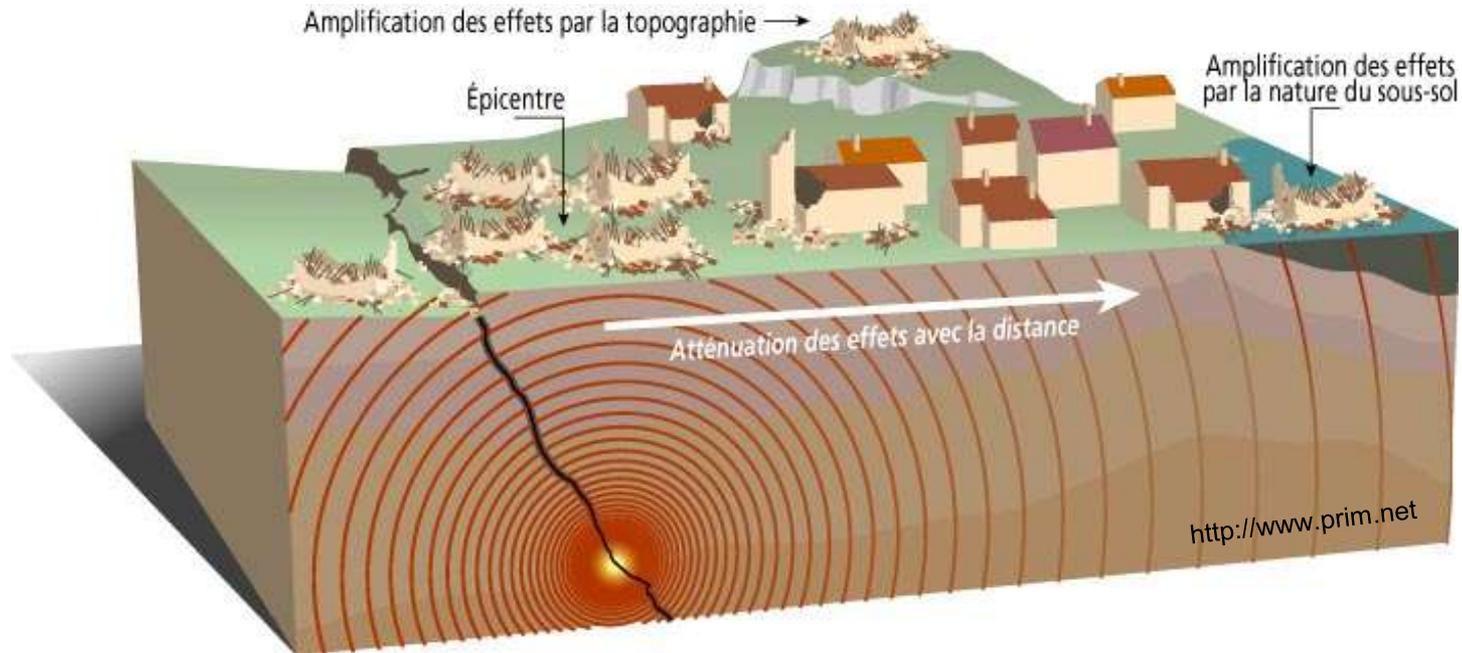


# Où ont lieu les séismes?

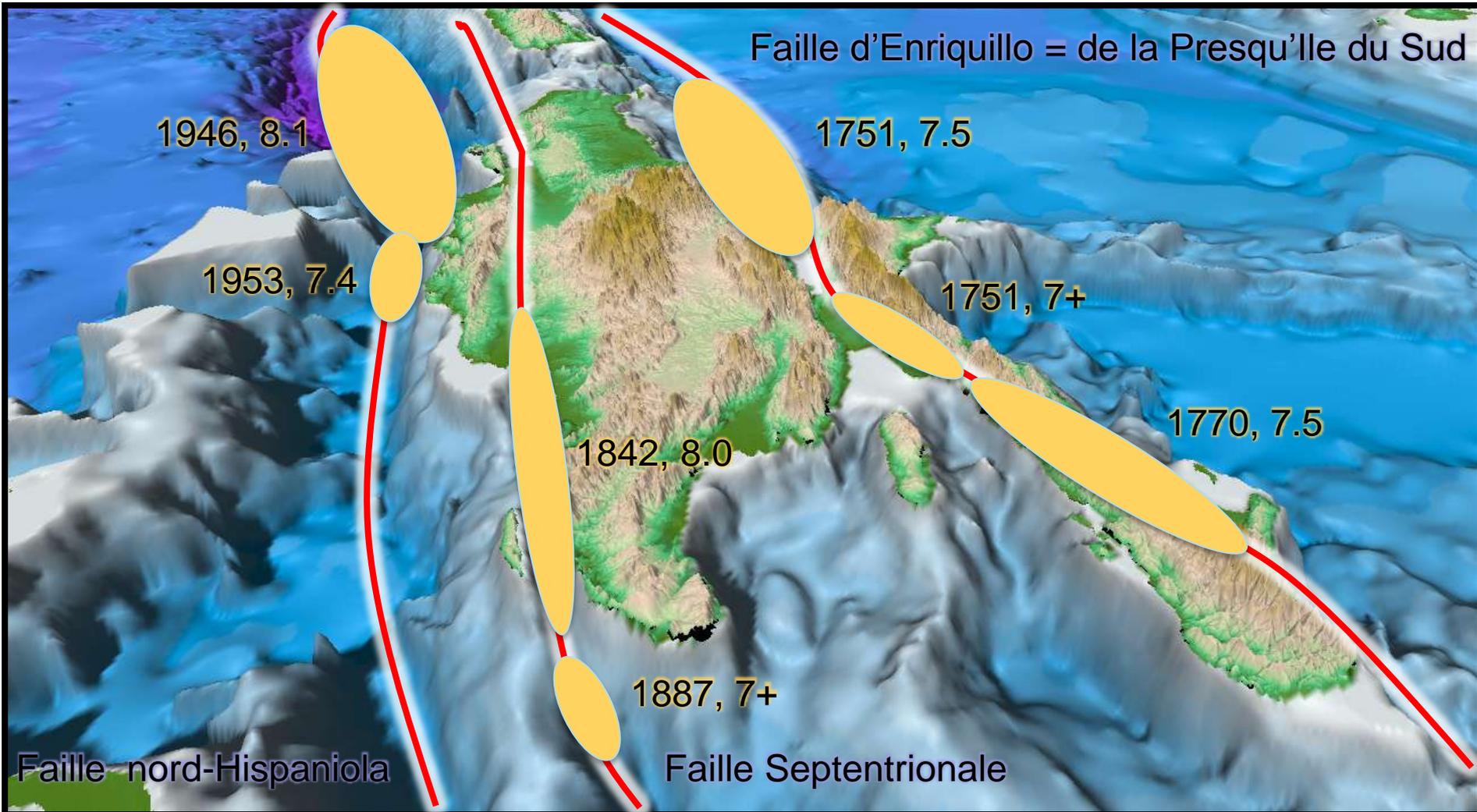


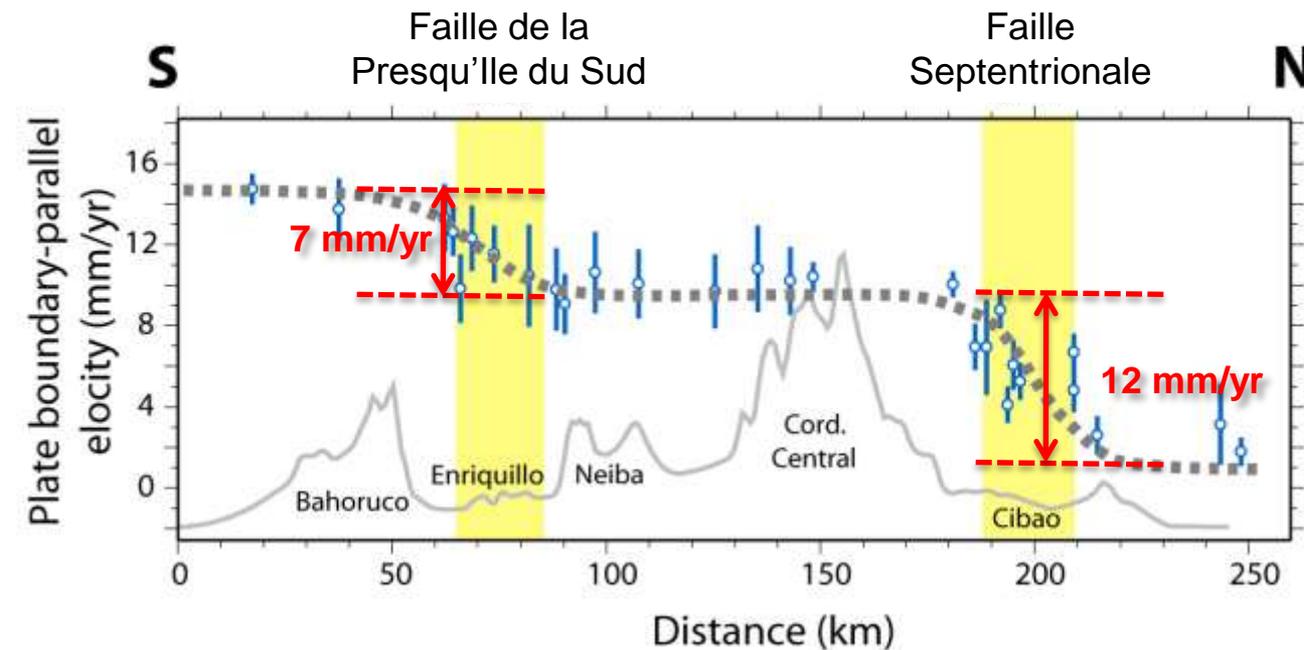
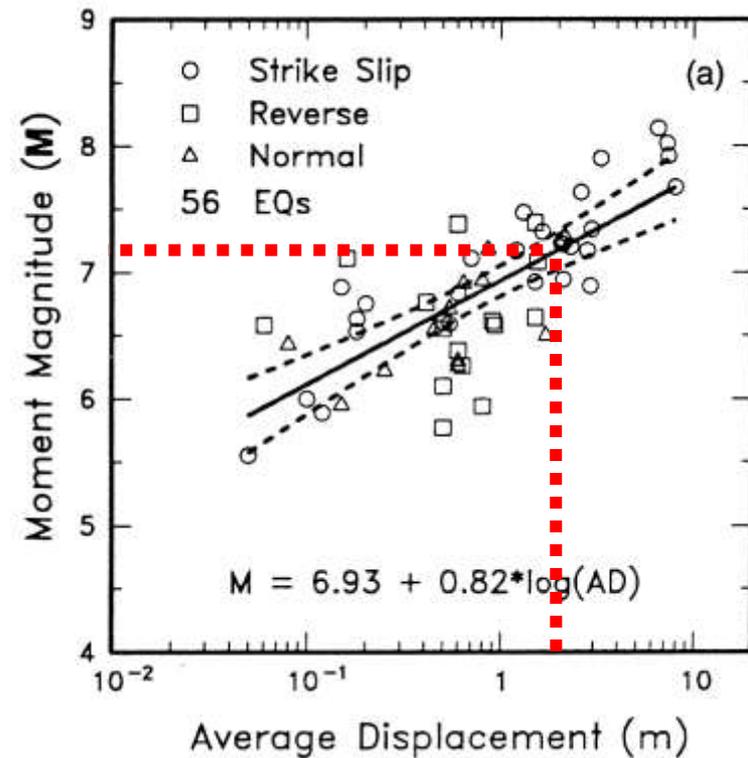
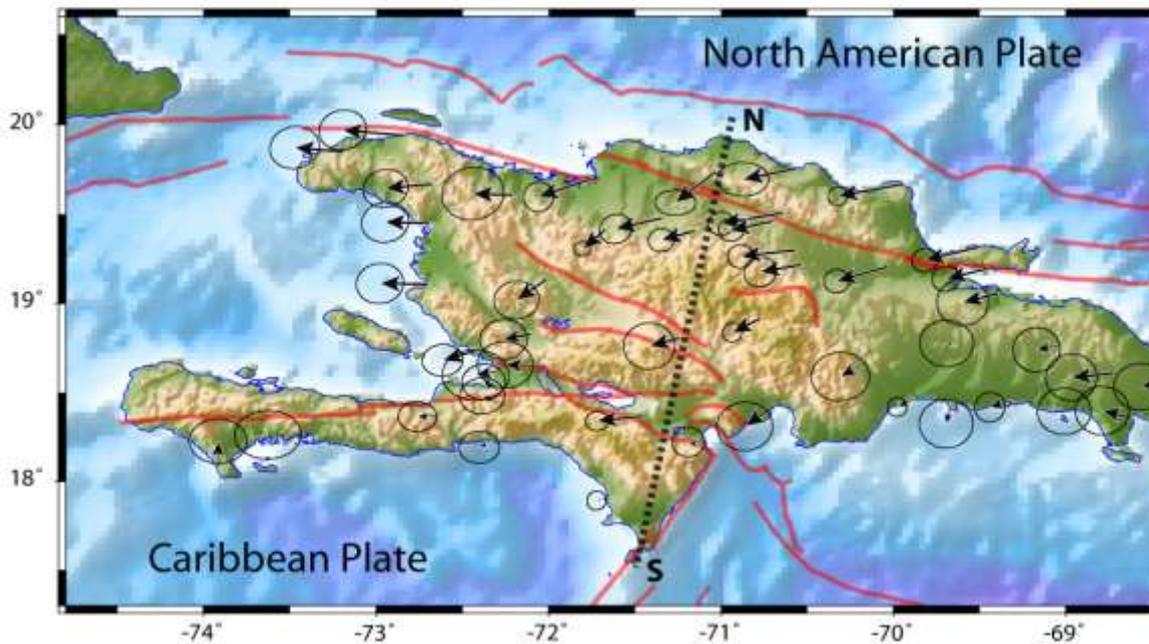
- Sur des fractures préexistantes à l'intérieur de la croûte terrestre
- Parfois (pas toujours), la cassure atteint la surface.
- L'amplitude des ondes sismiques s'atténue avec la distance
- Plus les séismes sont superficiels, plus ils sont (potentiellement) dangereux

# Inégalités face aux séismes...



# Les failles principales

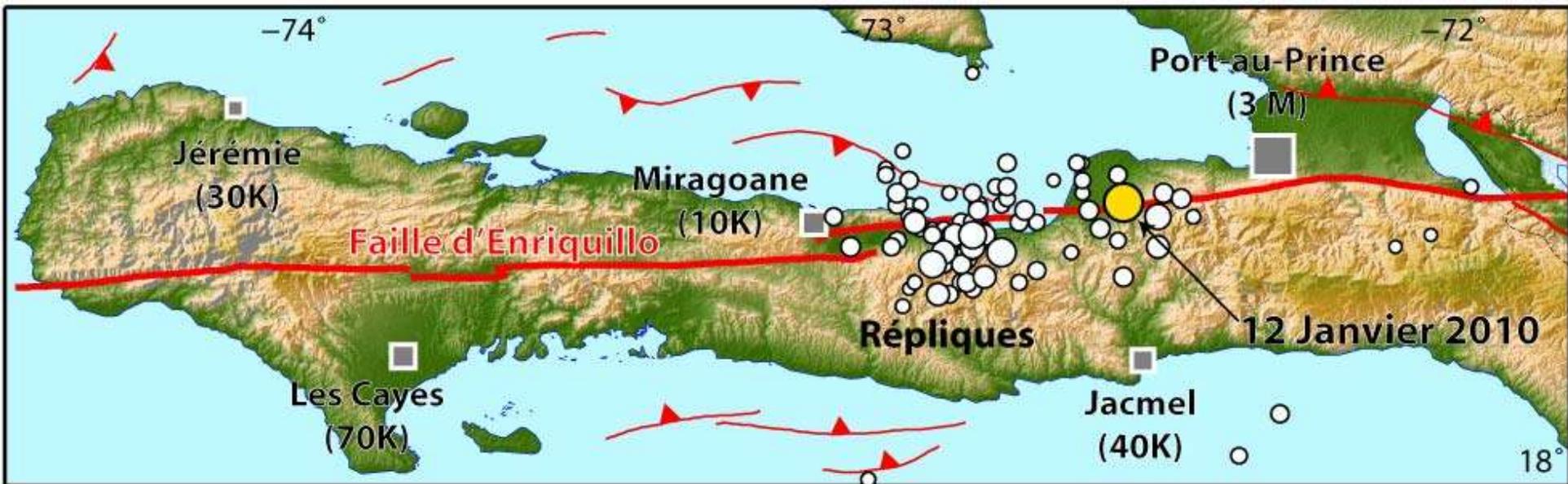




Exercice de mathématiques: quels séismes (magnitude) ces deux failles peuvent-elles produire?

7 mm/an x 250 ans = 1.8 m  
 12 mm/an x 150 ans = 1.8 m

Réponse = M7.2



- Faille d'Enriquillo = de la Presqu'île du Sud
  - Identifiée et cartographiée : ~verticale, mouvement horizontal
  - Quelques failles annexes
  - Mouvement de part et d'autre de la presqu'île = 7 mm/an
  - Dernier séisme il y a 250 ans => ...?
  
- Au lendemain du 12 janvier:
  - Epicentre sur la faille d'Enriquillo
  - Répliques centrées sur la faille d'Enriquillo
  - => Coupable = Enriquillo

**Suite des opérations: accumuler les preuves**

Mesures géodésiques



Observations sous-marines



Mesures sismologiques



Observations géologiques



Le coupable n'est pas celui attendu ?

Pas de trace de rupture en surface sur la faille d'Enriquillo en mer...

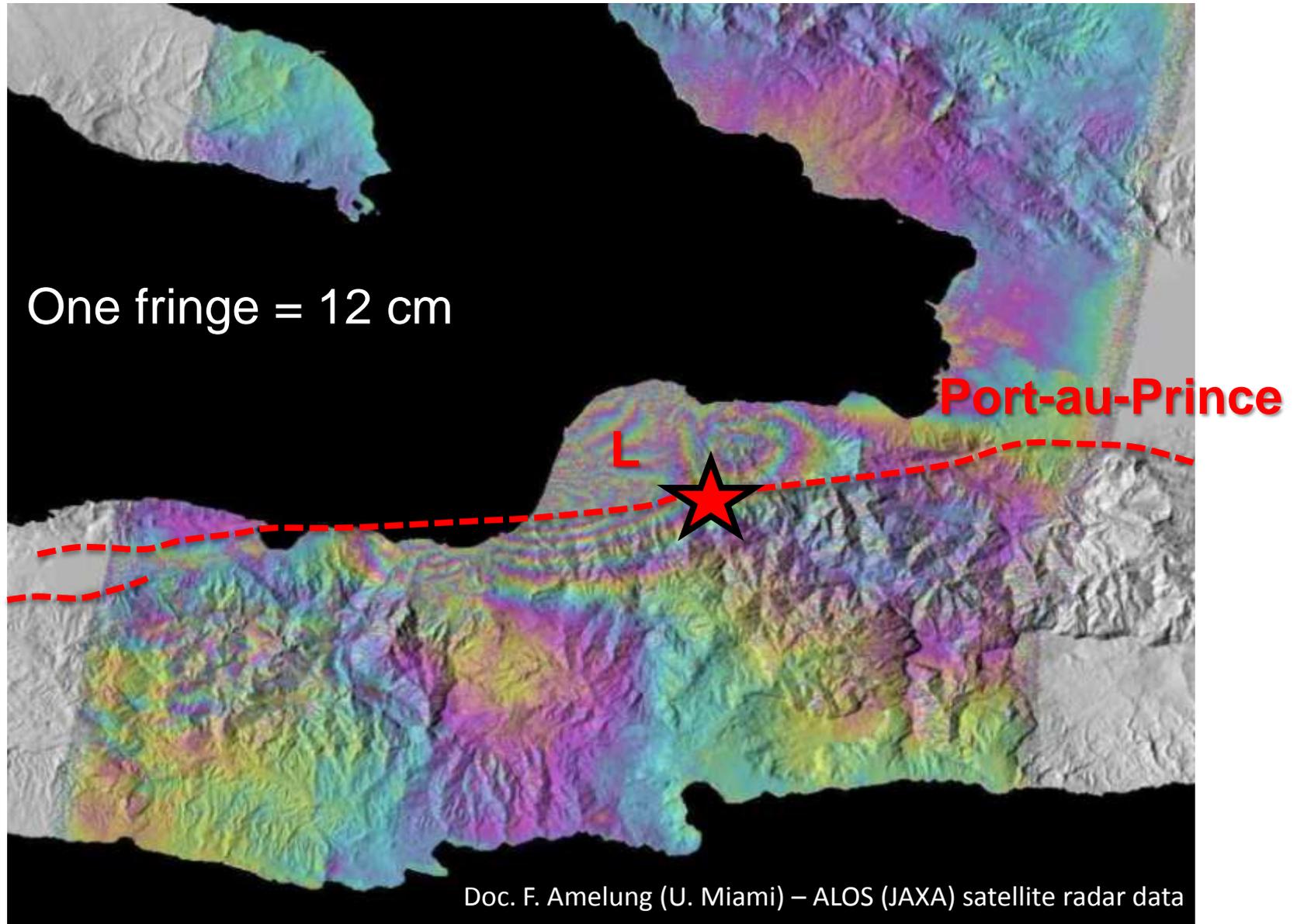
Important mouvement vertical, difficilement compatible avec la faille d'Enriquillo (mouvement horizontal)

Les répliques, une fois relocalisées précisément, sont situées au nord de la faille d'Enriquillo...

Pas de trace de rupture en surface sur la faille d'Enriquillo à terre...

Le coupable n'est pas celui attendu ?

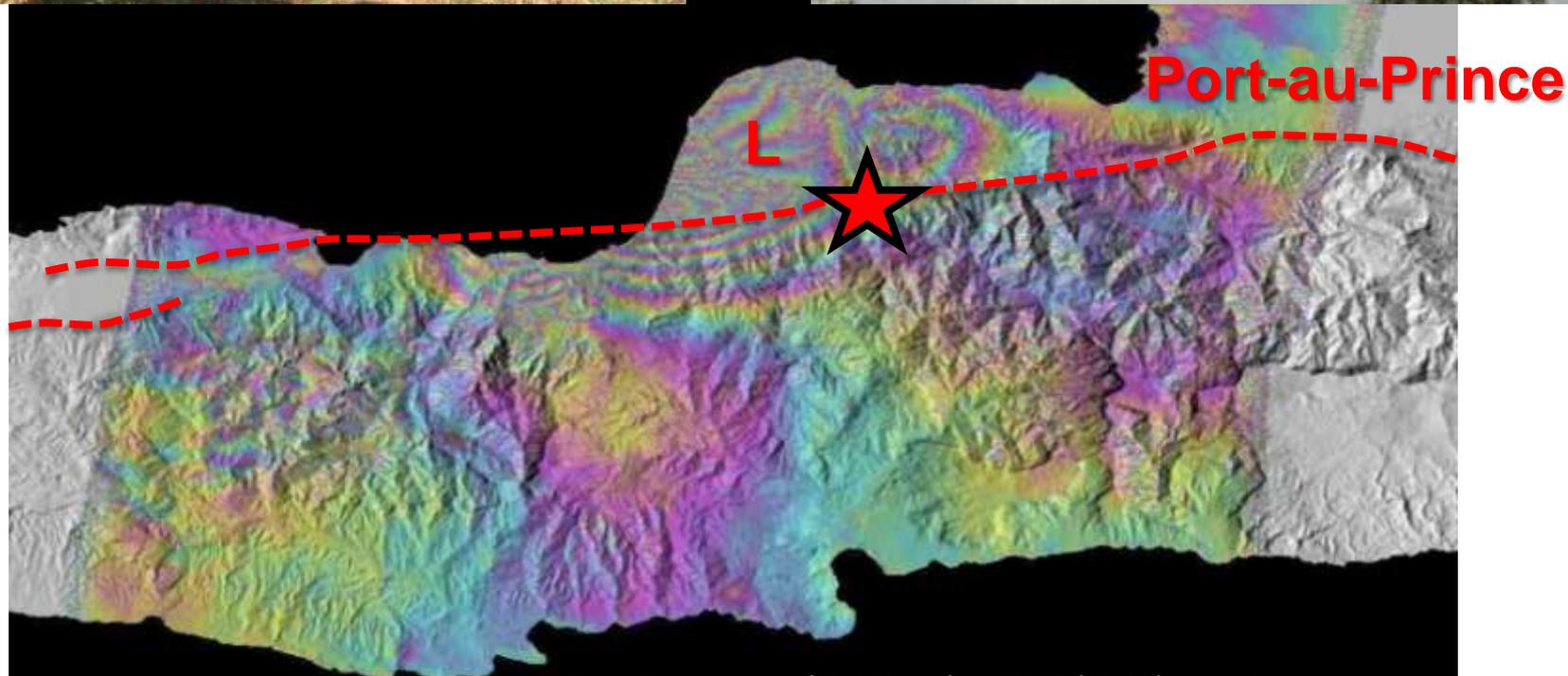
# Interférométrie radar : mouvement vers l'ouest + surrection de la région de Léogane



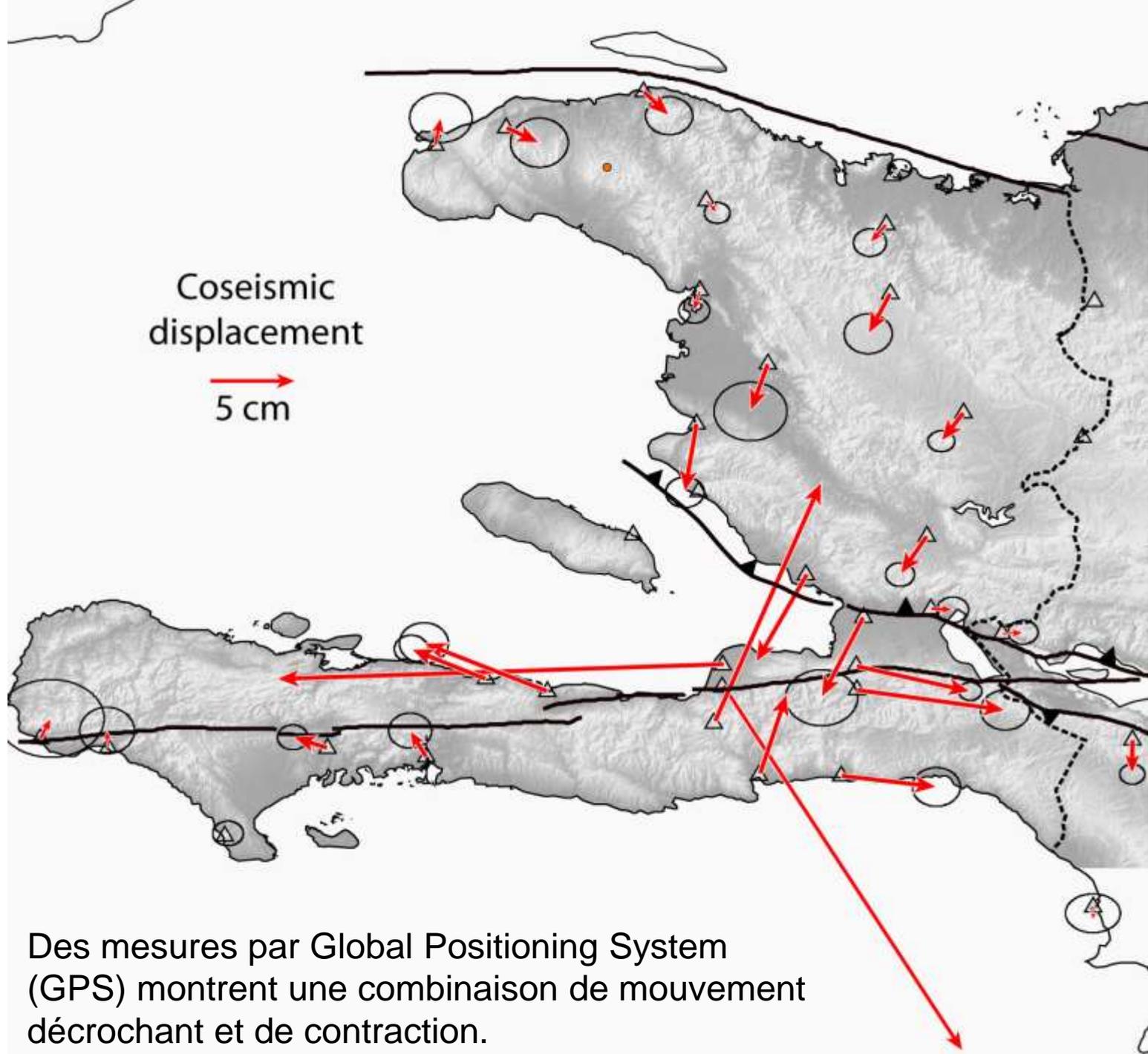
Pas de rupture de surface de l'EPGFZ



Des coraux émergés le long de la côte  
ment  
de Lé



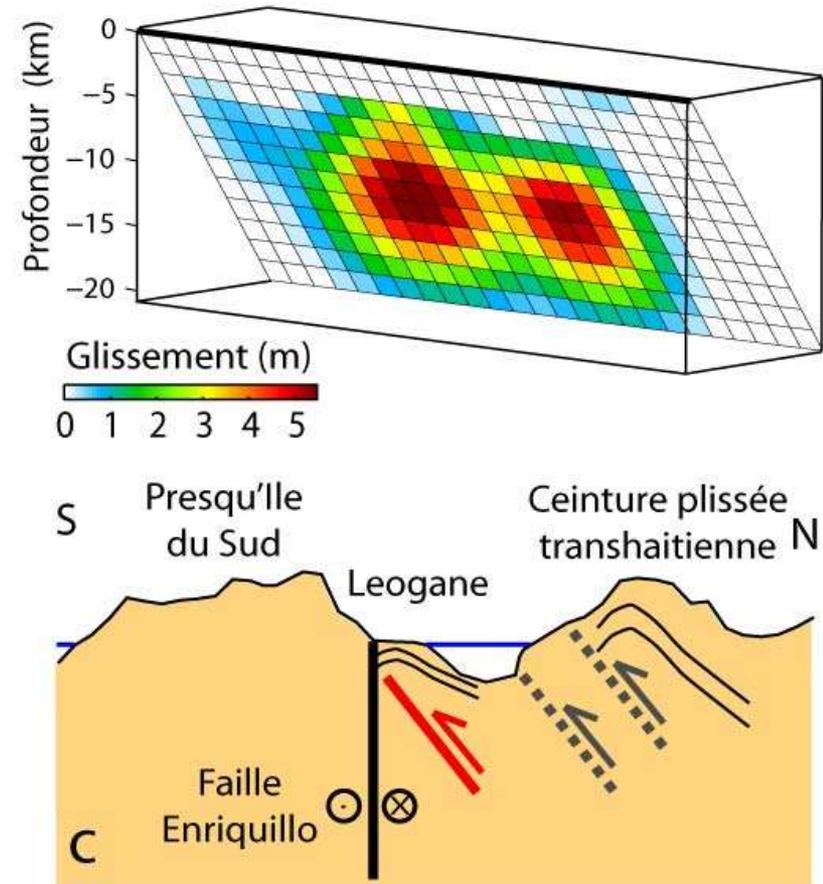
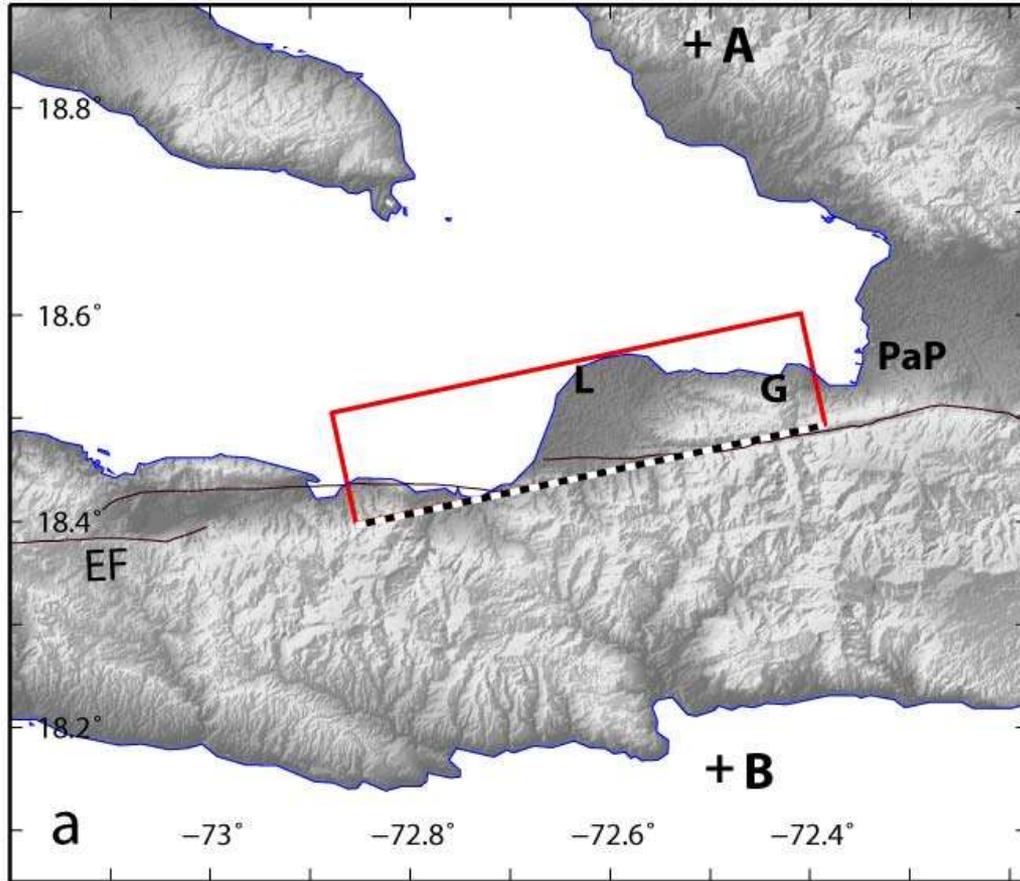
Doc. F. Amelung (U. Miami) – ALOS (JAXA) satellite radar data



Des mesures par Global Positioning System (GPS) montrent une combinaison de mouvement décrochant et de contraction.



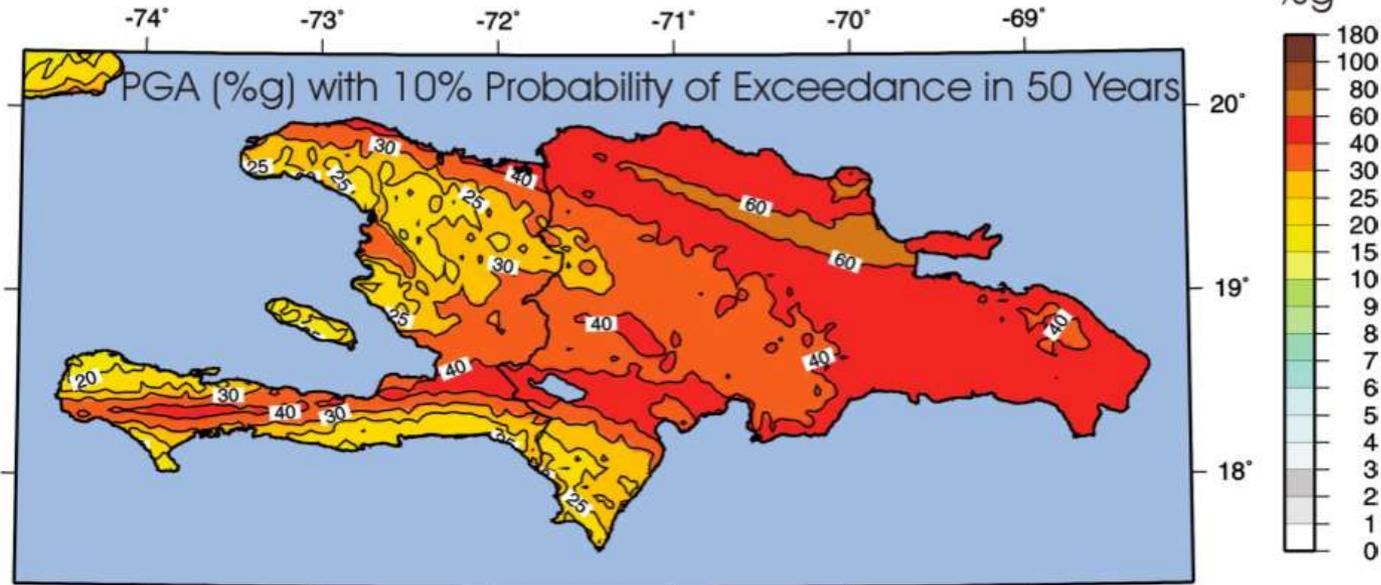
# Ça se complique...



# Un progrès notable: une première carte de menace sismique pour Haïti



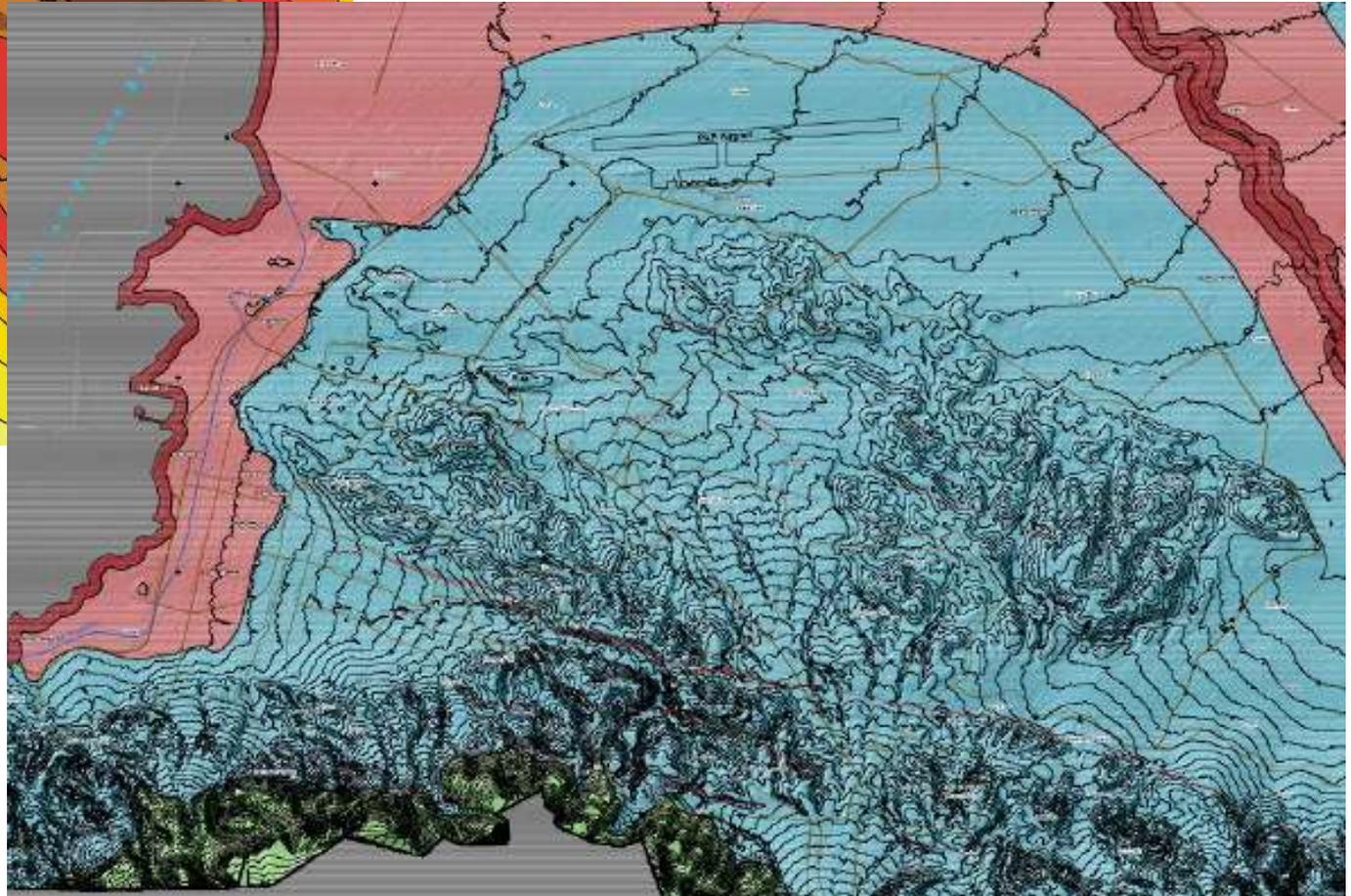
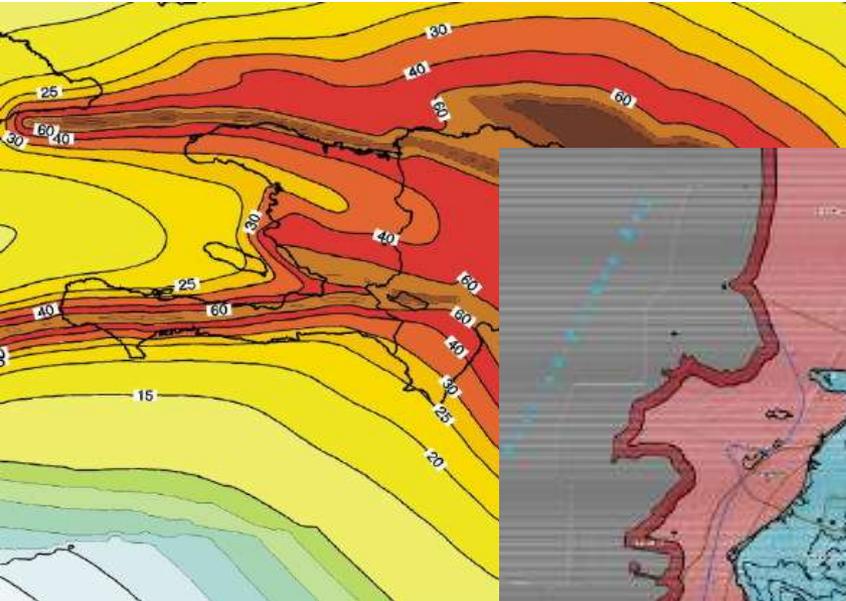
2001:  
OAS Caribbean  
Disaster  
Management  
Project,  
<http://www.oas.org/CDMP/document/seismap/>



2010:  
Frankel, A. et al.,  
Documentation for  
Initial Seismic  
Hazard Maps for  
Haiti, USGS  
Open-File Report  
2010.

# Un progrès notable: première carte de zonage sismique pour Port-au-Prince

Alea sismique = accélération du sol au rocher (ici pour 1 Hz et 2% de probabilité d'excédence en 50 ans)

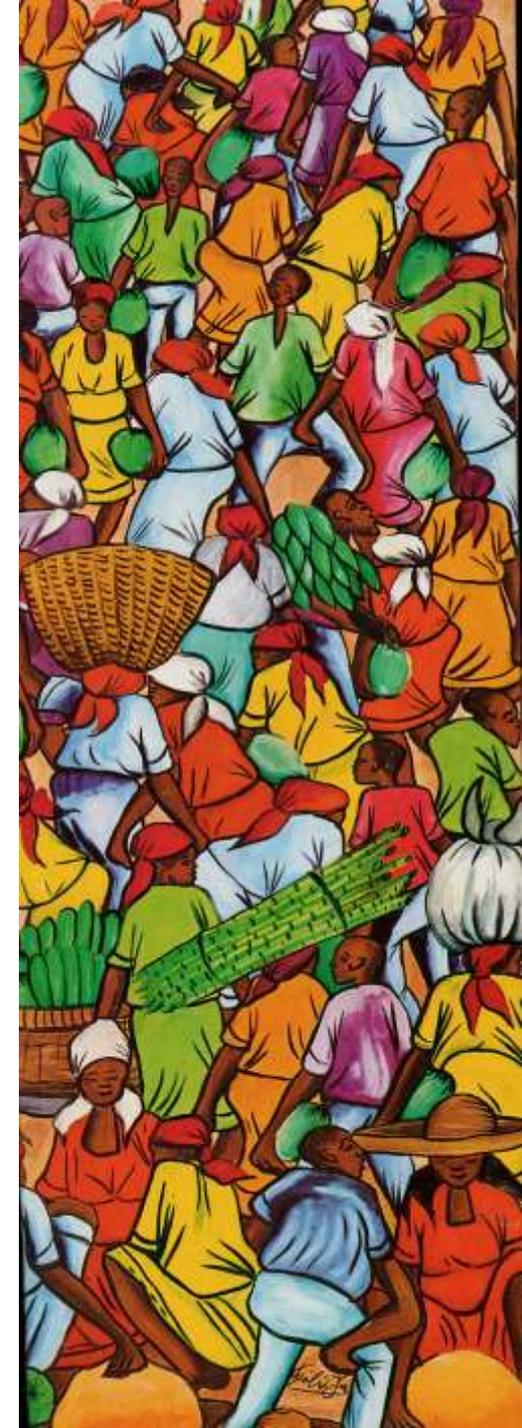


Zonage des classes  
de sol:  
Vert = B  
Bleu = C  
Rose = D/E  
Rouge = F

**Carte d'alea + carte de zonage => dimensionnement de structures**

# La suite...

- **La menace sismique** existait avant le 12 janvier 2010, elle **continue d'exister** après:
  - Elle concerne l'essentiel du territoire haïtien (+RD!)
  - Individus, autorités, organisations internationales ont la responsabilité de s'adapter à cette menace
  - La reconstruction doit prendre cette menace en compte dans tous ses secteurs
- **Le risque sismique:**
  - **Menace (= alea):** non négociable, phénomène naturel inexorable non prévisible – mais probabilité quantifiable.
  - **Vulnérabilité:** contrôle total, les solutions pour se préparer et se protéger existent.



# Comment aller de l'avant?

- **Réduire le risque** : effort immédiat et massif pour la protection des infrastructures, planification, aménagement du territoire
- **Identifier et quantifier le risque** : menace naturelle et vulnérabilité
  - Développer la surveillance sismique, géodésique, géologique
  - Développer le génie parasismique
- **Eduquer et former** :
  - Intégration de l'information sismique dans une BD environnementale
  - Education et formation (+ recherche)
  - Information du public et des décideurs
- **Préparation et réponse**: plan de contingence

