

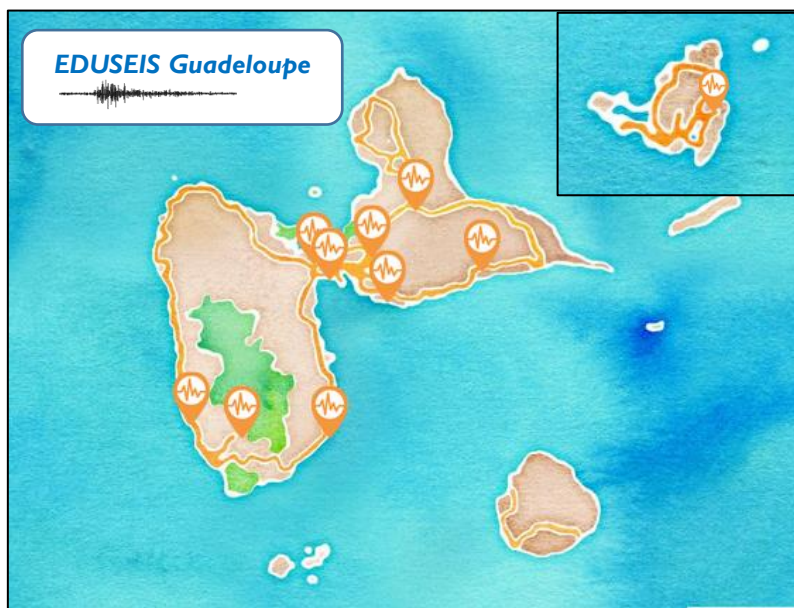


UNIVERSITÉ  
CÔTE D'AZUR



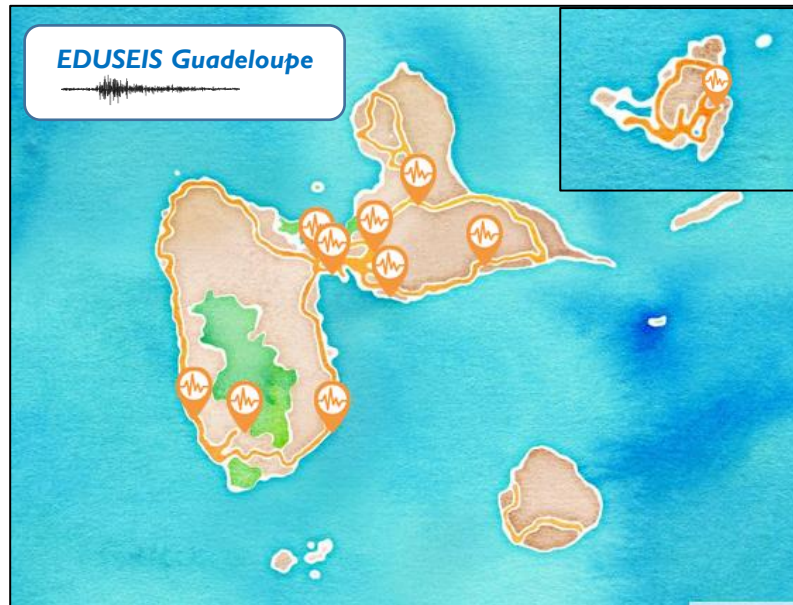
## Le Réseau sismologique EDUSEIS : un outil pour l'enseignement

Propositions de pistes pédagogiques pour l'enseignement au collège et lycée  
dans le cadre de la semaine **SISMIK 2021**



Formation en ligne collège – lycée  
pour les enseignants(e)s de l'Académie de Guadeloupe  
15 novembre 2021  
16 novembre 2021



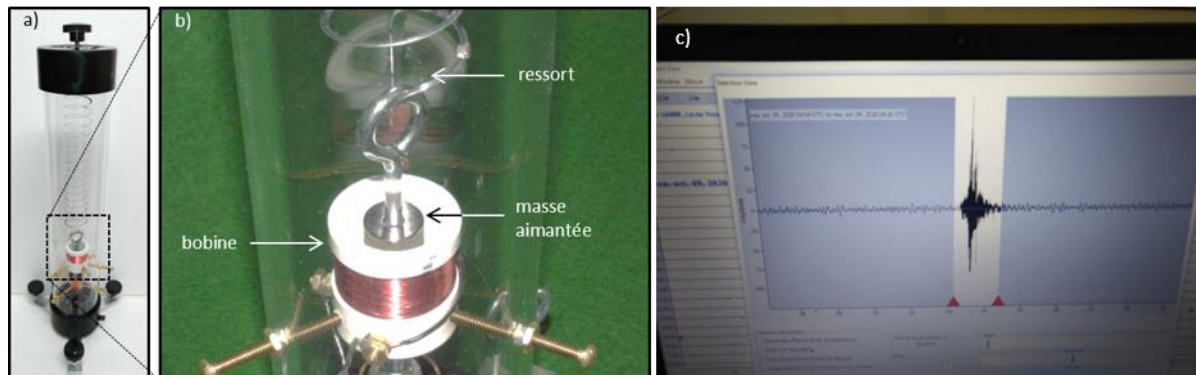


## EDUSEIS :

- Réseau sismologique éducatif depuis 2018
- 10 établissements équipés d'un sismomètre TCI + 1 ordinateur
- Financé par la DEAL de Guadeloupe



## Le sismomètre TCI



Etablissements	Acronyme	Type de station
Collège Joseph PITAT - BASSE TERRE	GBAST	TC1
Collège Sylviane TELCHID - CAPESTERRE BELLE-EAU	GCAPE	TC1
Collège Maurice SATINEAU - BAIE MAHAULT	GMAHO	TC1
Collège LA PERSEVERANCE - POINTE A PITRE	GPOAP	TC1
Collège Suze ANGELY - VIEUX HABITANTS	GHABI	TC1
Lycée Yves LEBORGNE - STE ANNE	GANNE	TC1
Lycée Faustin FLERET - MORNE A L'EAU	GMORN	TC1
Lycée Félix PROTO - LES ABYMES	GABY2	TC1
Collège Edmond BAMBUCK - LE GOSIER	GOSI	TC1
Collège QUARTIER D'ORLEANS - SAINT MARTIN	SMART	TC1

## L'observatoire Méditerranéen Educatif



- **Un réseau de 50 établissements scolaires, équipés de diverses stations de mesure**

Sismomètres, stations météo, photomètres, ...

- **Une plateforme web**

- ❖ Data center
- ❖ Tools Lab
- ❖ Teachers Room

- **Financé par l'Université Côte d'Azur (IDEX UCA<sup>JEDI</sup>)**

<http://edumed.unice.fr/eduseis/caraibes>

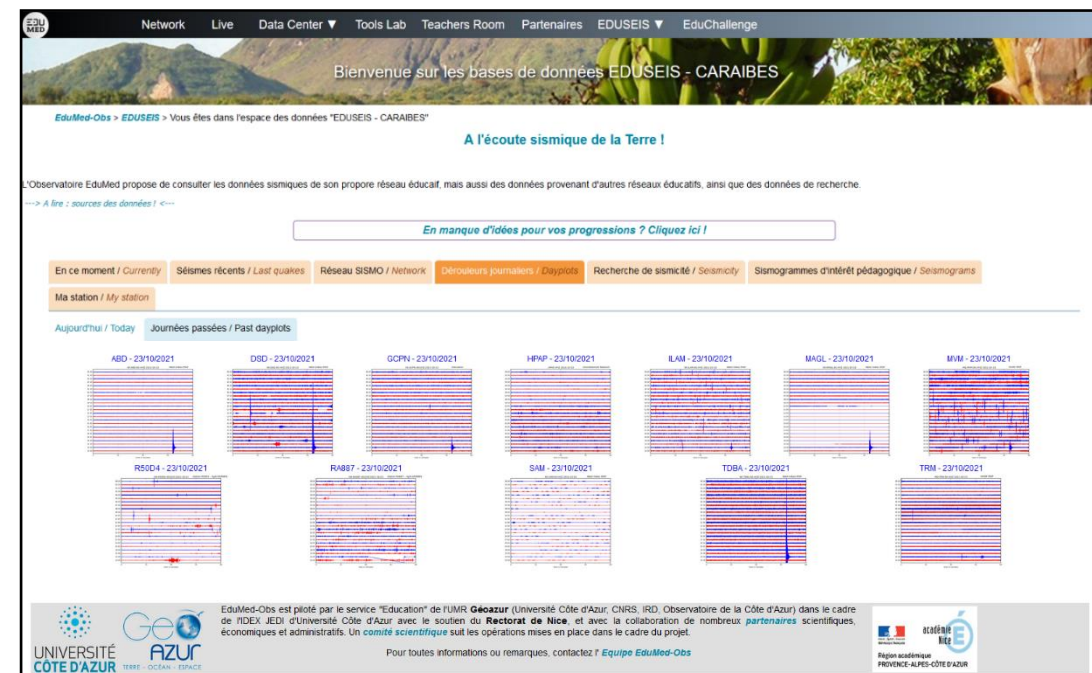
- **Soutenu par :**

- ✓ le laboratoire Géoazur
- ✓ L'Académie de Nice
- ✓ La DDTM06 et la DEAL de Guadeloupe



- **Partenaire du réseau EDUSEIS depuis 2018**

- **Diffuseur des données du réseau EDUSEIS**





### **Partenariat DEAL de Guadeloupe , Académie de Guadeloupe et EduMed-Obs :**

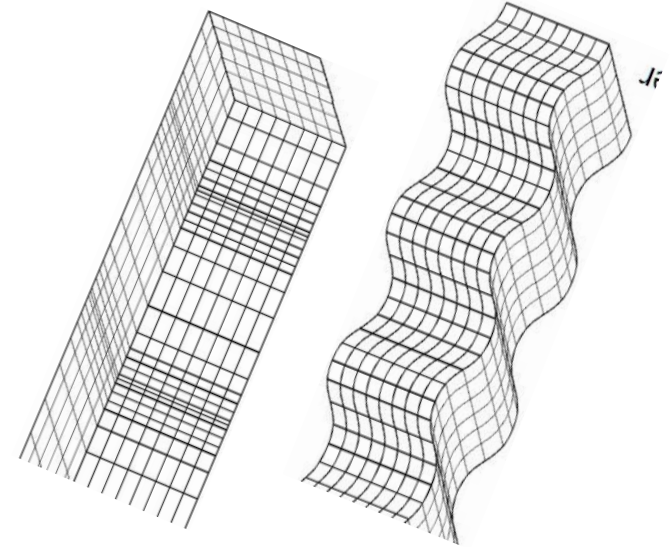
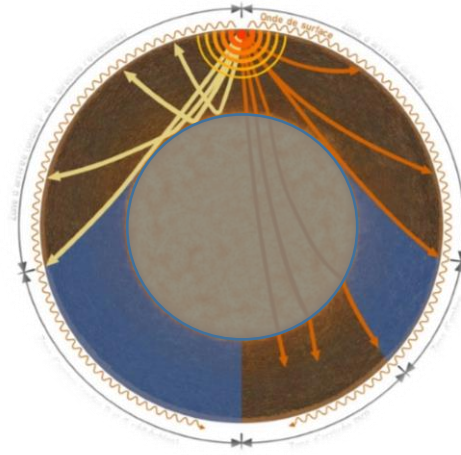
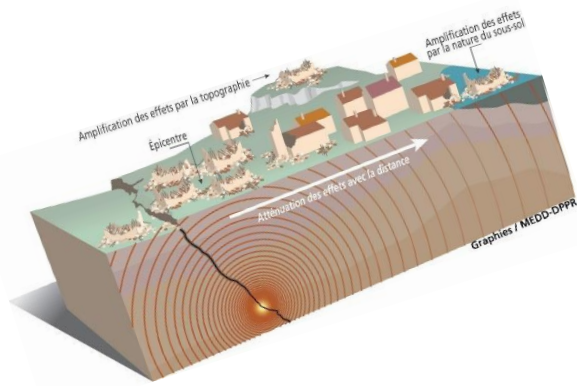
- Dans le cadre des actions de sensibilisation au risque sismique : la semaine SISMIK 2021 (Plan séisme Antilles)

### **Contours de cette formation SISMIK 2021 :**

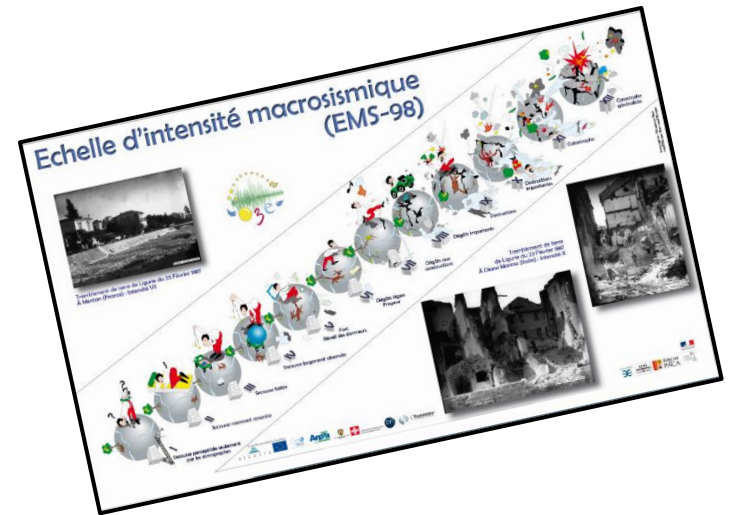
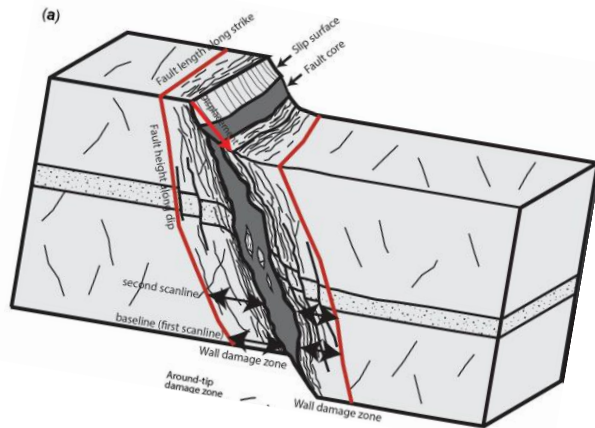
- Propositions de pistes pédagogique pour l'enseignement au collège et au lycée
- Valorisation des données éducatives du réseau EDUSEIS

### **Déroulé de la formation :**

- Petits rappels sur quelques notions en sismologie
- Des exemples de pistes pédagogiques pour intégrer les données EDUSEIS dans les programmes
- Utilisation de capteurs connectés

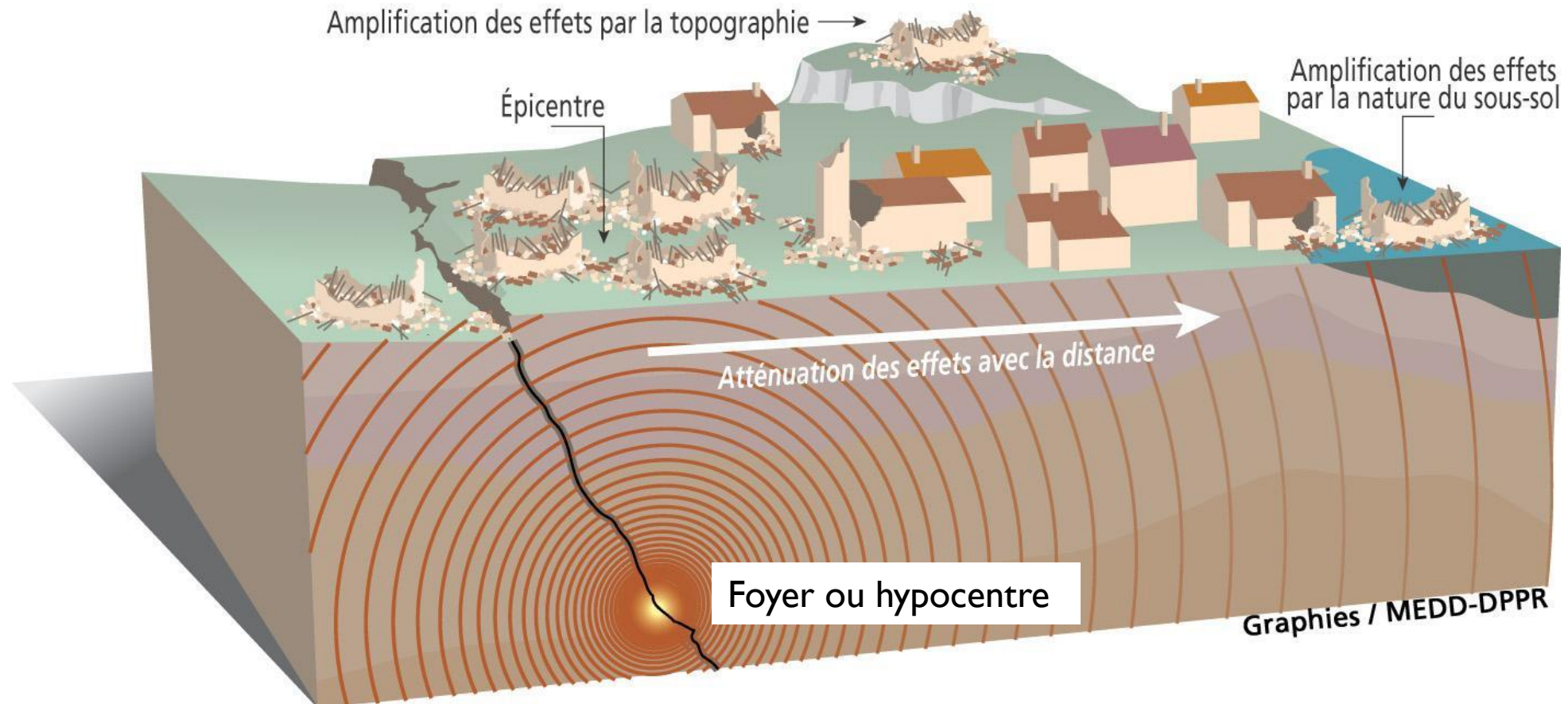


## Avant de commencer quelques rappels de sismologie



### ➤ Un séisme

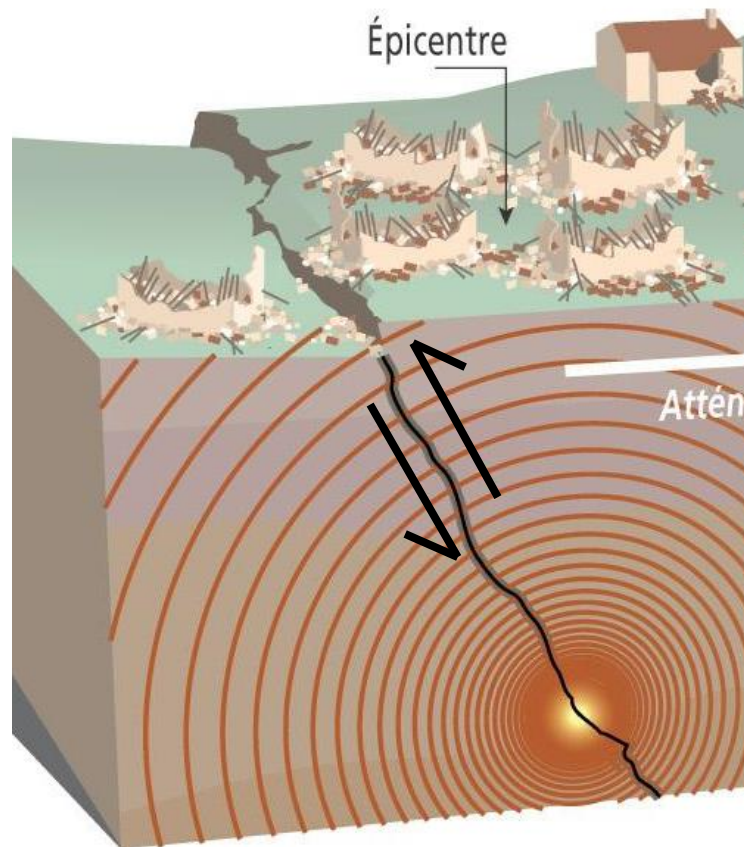
- ✓ rupture brutale des roches à plus ou moins grande profondeur qui libère de l'énergie (ondes sismiques)
- ✓ phénomène naturel imprévisible et soudain



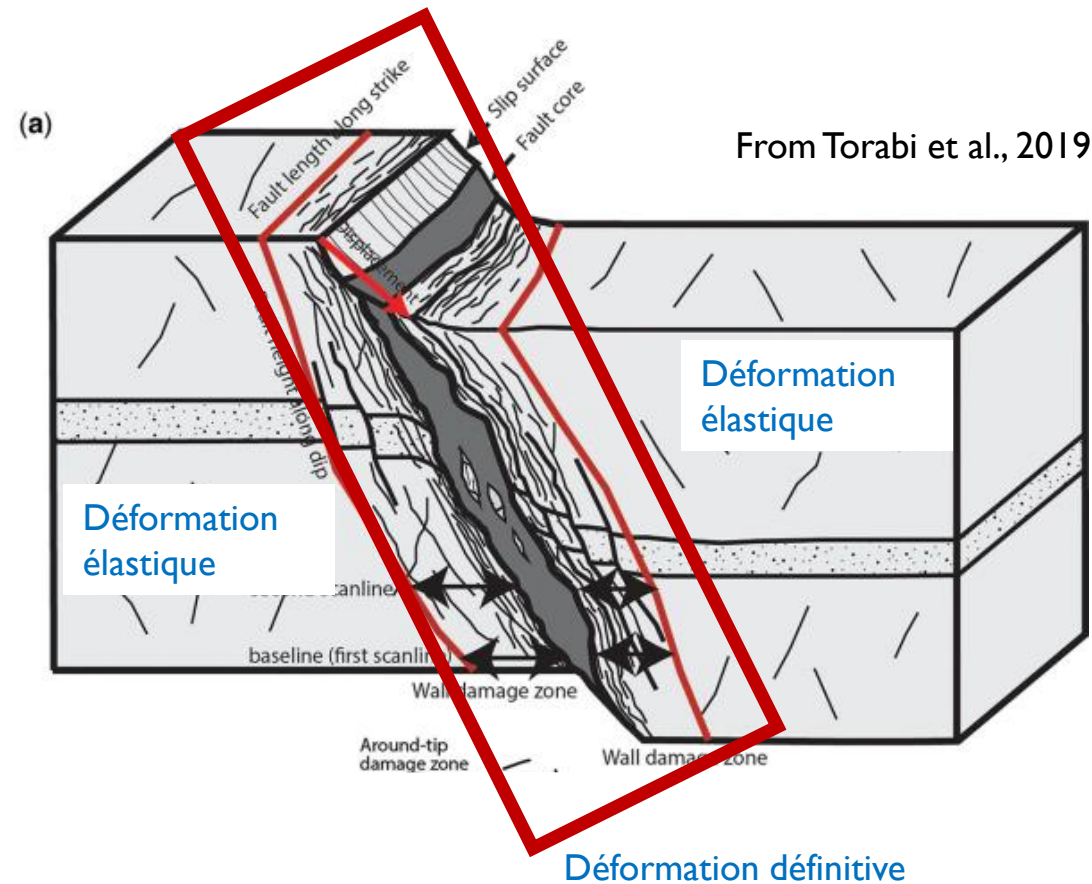


### ➤ Une faille

- ✓ zone de rupture autour de laquelle deux volumes rocheux se sont déplacés l'un par rapport à l'autre



Infographie MEDD - DPPR

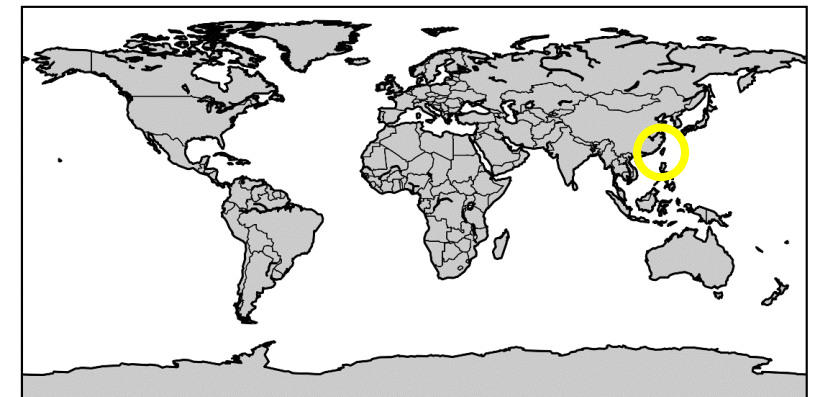


### ➤ Quelques effets en surface



Exemples de déformations  
verticales en surface

*Taiwan, 1999*



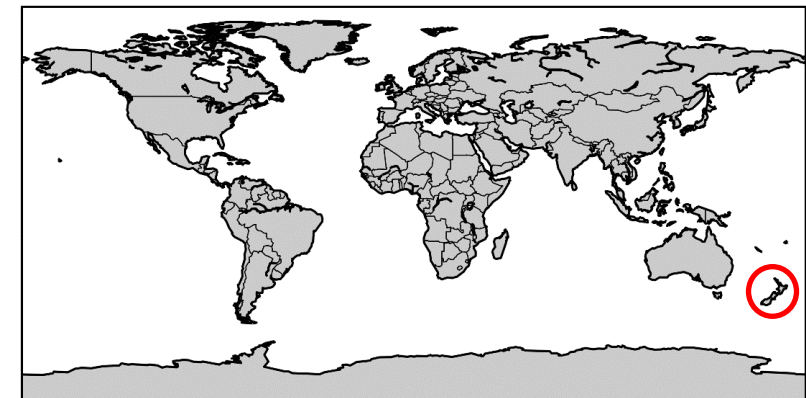


### ➤ Quelques effets en surface



Exemples de déformations  
horizontales en surface

*Nouvelle Zélande, 2010*

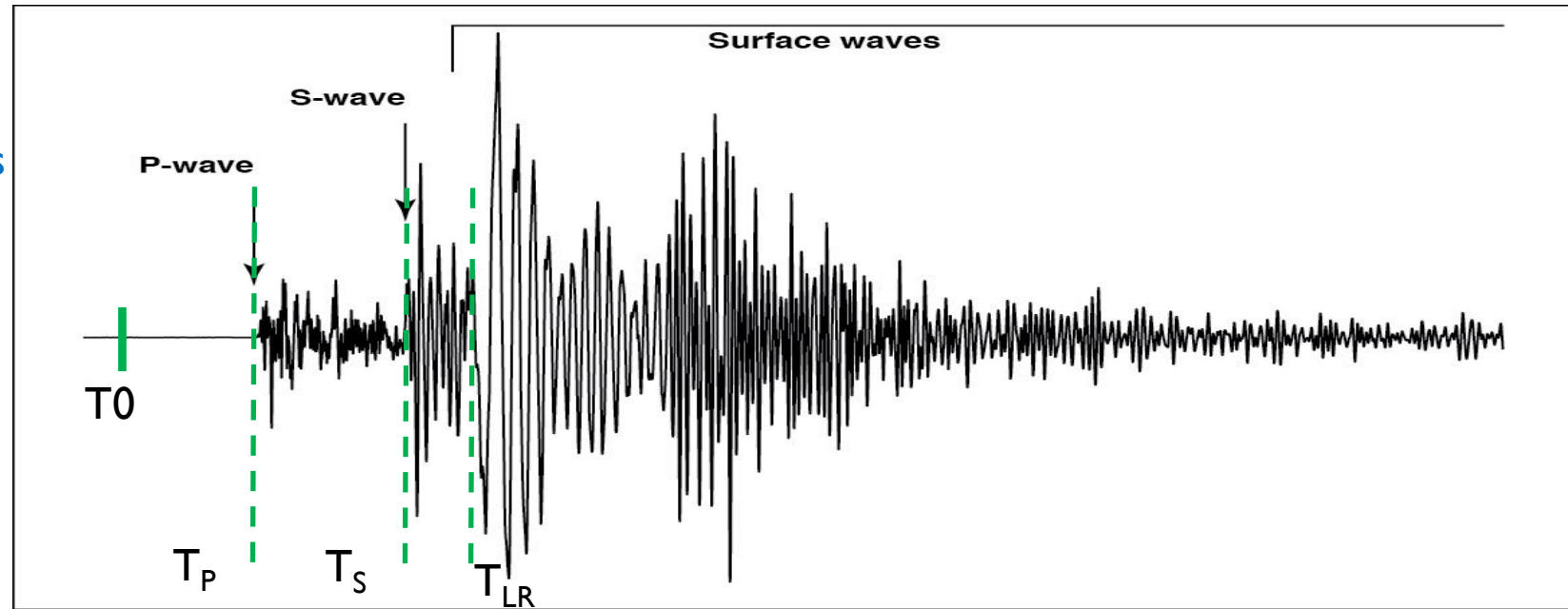
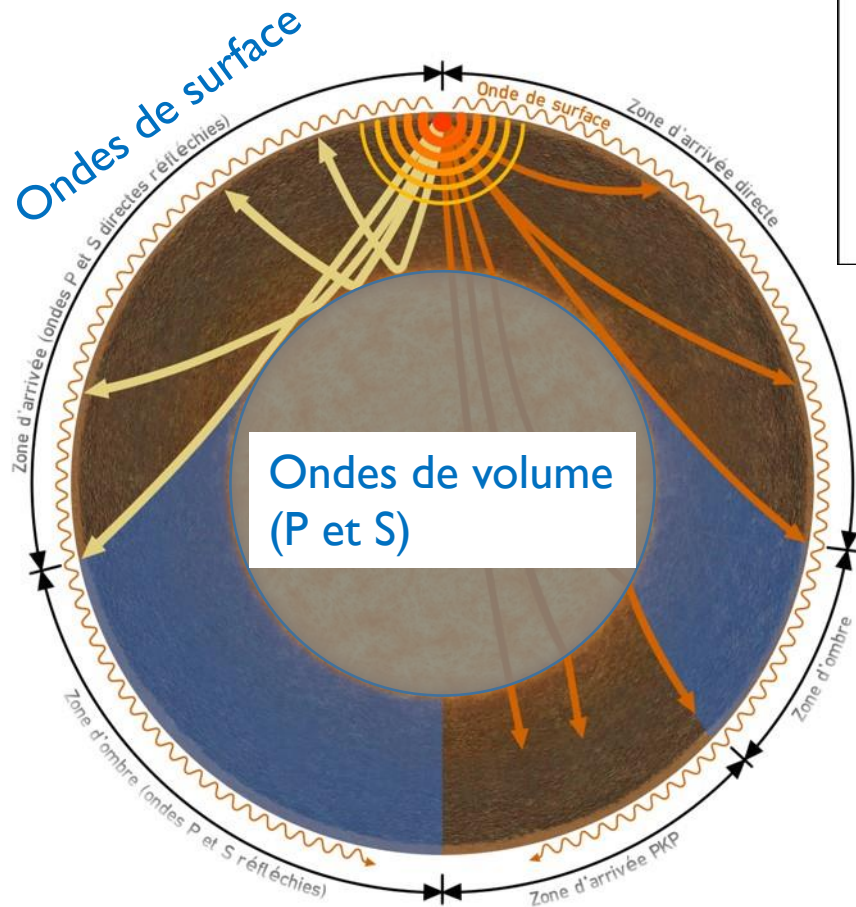




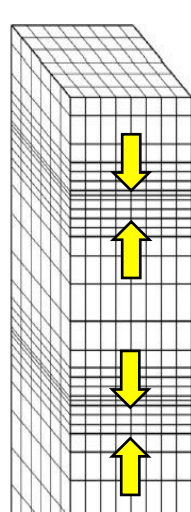
# Quelques rappels en sismologie

## ➤ Les ondes sismiques

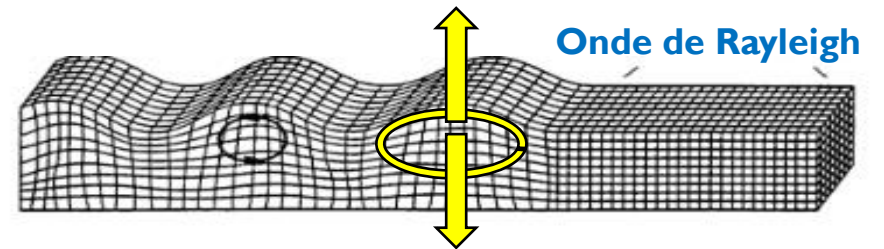
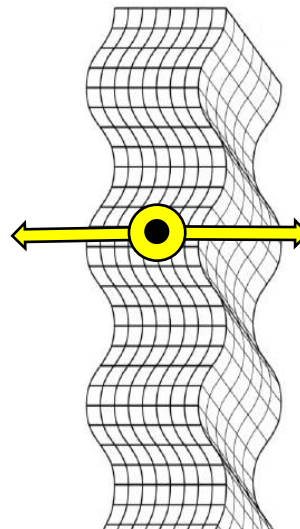
- ✓ générées par les ruptures sismiques
- ✓ deux grand types d'ondes :



**Ondes P**  
(P= 'pressure')



**Ondes S**  
(S= 'shear')

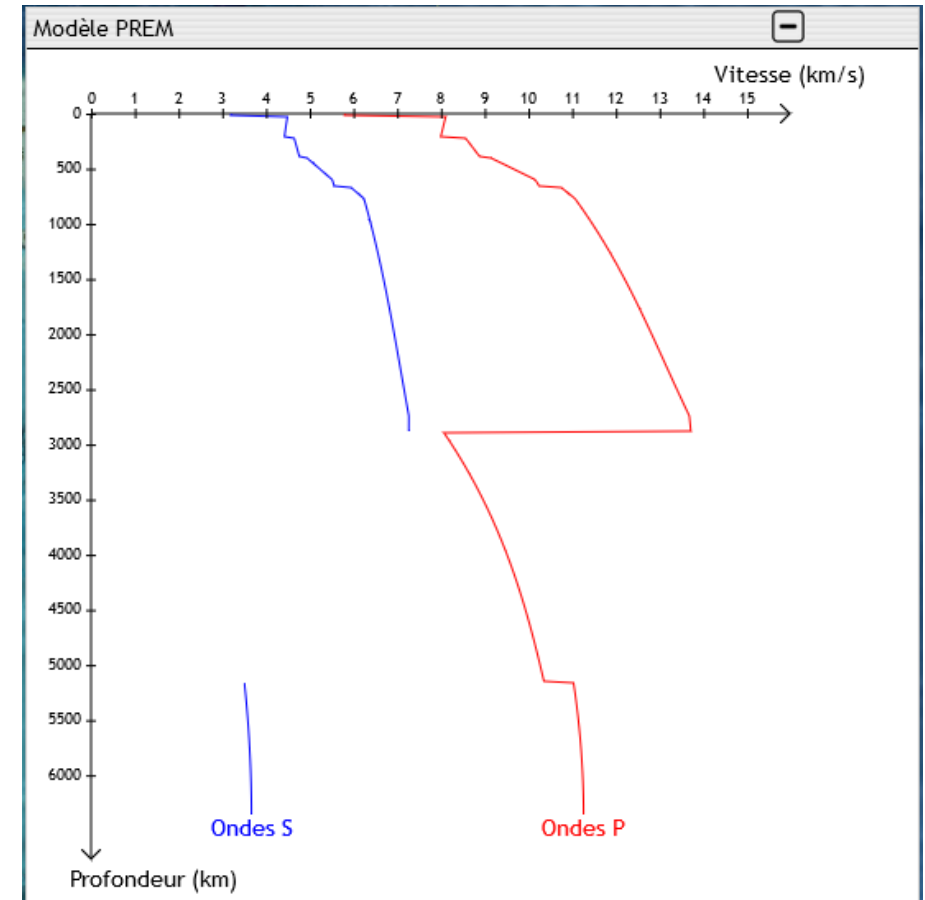
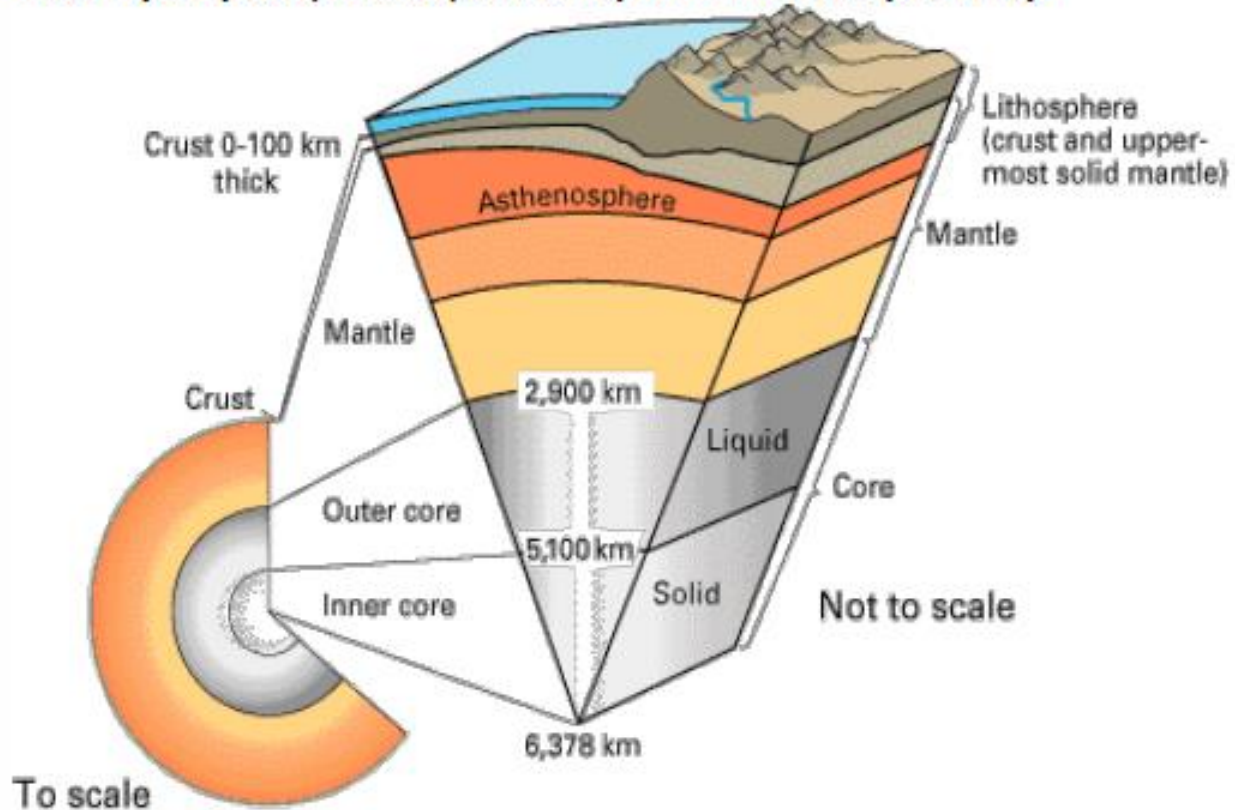


**Onde de Rayleigh**

## ➤ Les ondes sismiques

### Inside the Earth - From USGS

Cutaway views showing the internal structure of the Earth. Below: This view drawn to scale demonstrates that the Earth's crust literally is only skin deep. Below right: A view not drawn to scale to show the Earth's three main layers (crust, mantle, and core) in more detail (see text).



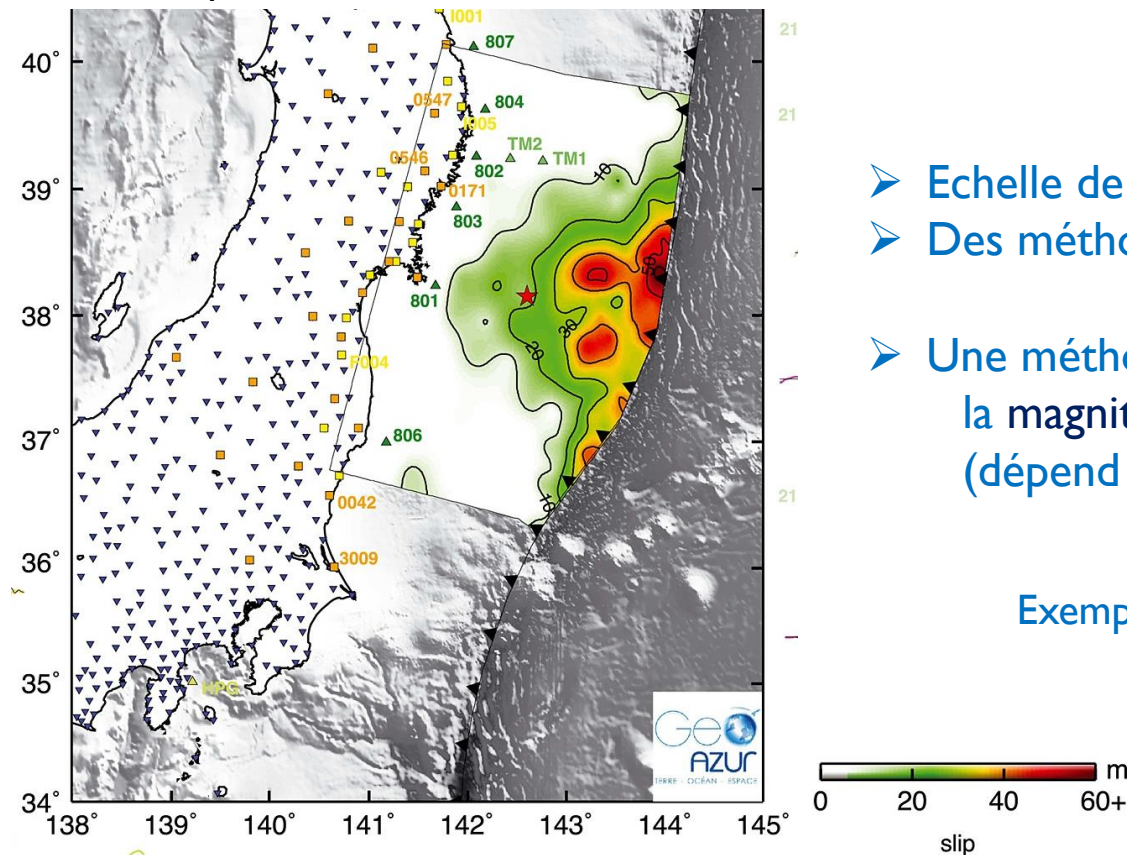


- La magnitude  
grandeur décrivant la puissance d'un séisme

Magnitude	Longueur de la faille	Glissement moyen
9	300 km	10 m
7	30 km	1 m
4	1 km	3 cm
1	30m	1 mm

*Valeurs moyennes*

From Bletery et al, 2014



- Echelle de Richter : méthode de calcul non utilisée aujourd'hui
- Des méthodes basées sur l'amplitude des ondes
- Une méthode basée sur les caractéristiques de la rupture :  
la magnitude de moment  $M_w$   
(dépend des dimensions, de la rigidité des roches et du glissement moyen)

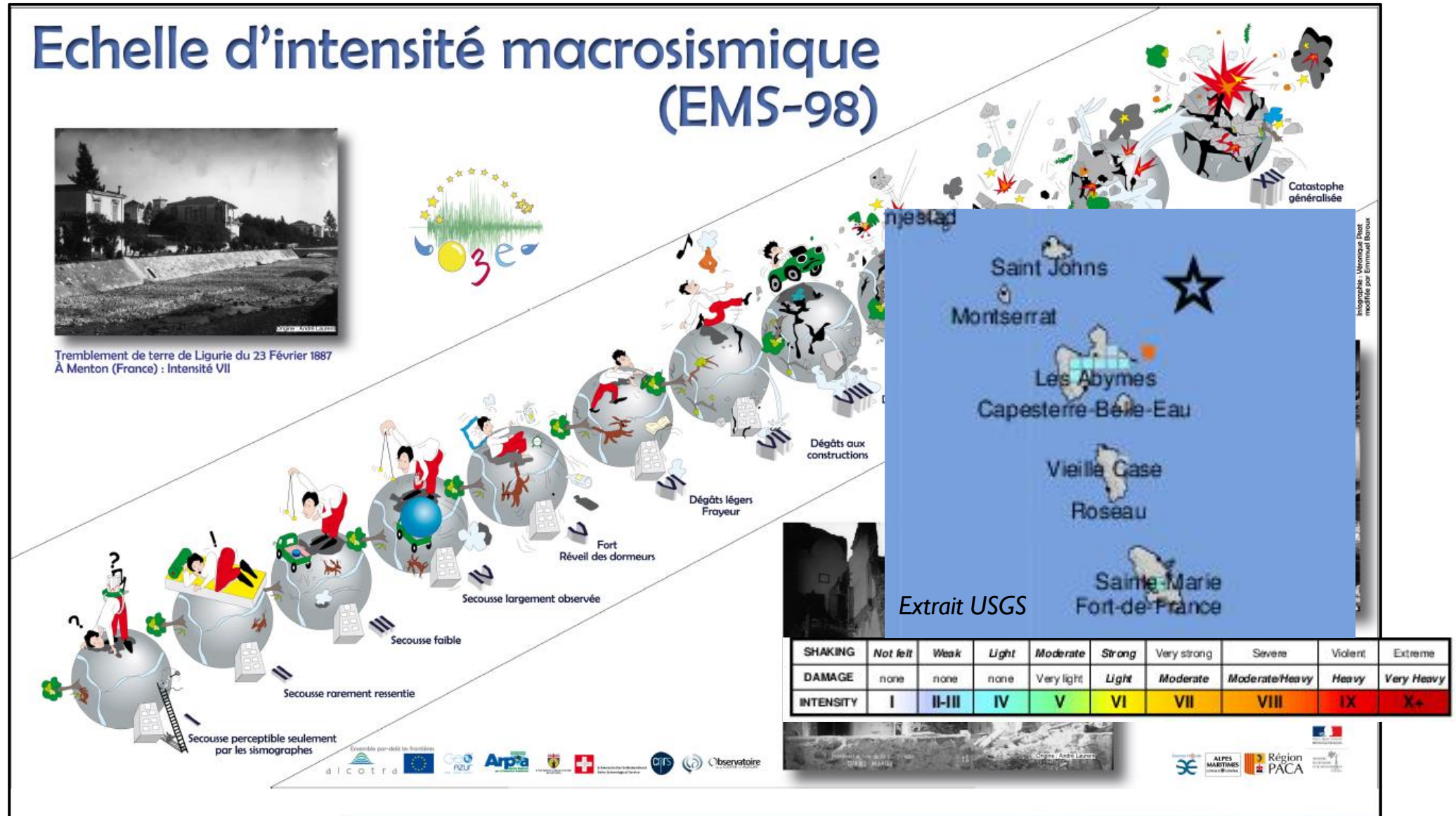
Exemple séisme de Tohoku du 11 mars 2011 :

$M_w = 9.1$

Longueur de la rupture : environ 400 km

Déplacement moyen : 60 mètres

- L'échelle d'intensité macrosismique : grandeur décrivant l'impact d'un séisme sur une population et un territoire donnés



**EDUSEIS pour l'enseignement au collège**



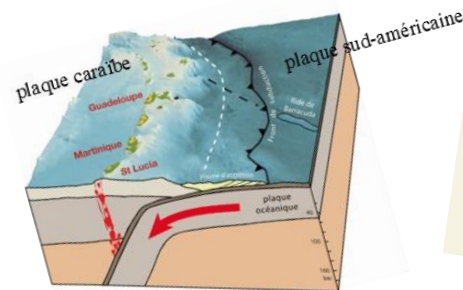
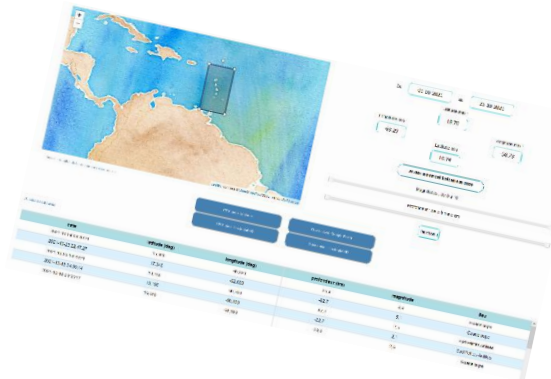
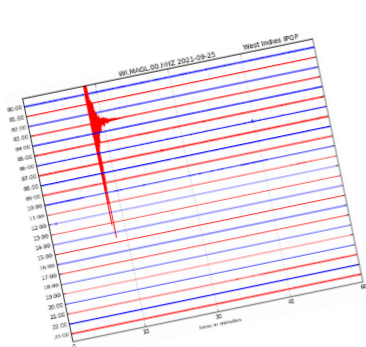
## ➤ Comment aborder le programme au collège avec les données du réseau EDUSEIS ?

### Cycle 3

- ✓ Décrire, observer, caractériser
- ✓ Formuler des hypothèses
- ✓ Démarche d'investigation
- ✓ Expérimentation
- ✓ Chercher des informations
- ✓ Communiquer ses résultats
- ✓ Contextualisation pour donner du sens

### Cycle 4

- ✓ Exploitation de base de données
- ✓ Analyser un phénomène naturel
- ✓ Prendre conscience des risques naturels et leur impact sur les sociétés
- ✓ Comprendre et adopter un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement



**Sismicité régionale**  
L'Observatoire a enregistré au cours du mois un total de 54 séismes d'origine tectonique, de magnitude maximale 5.34. La Figure 7 montre la carte des épicentres dans une région d'environ 550 km autour de la Guadeloupe.  
En ce qui concerne l'archipel guadeloupéen, la répartition géographique de l'activité sismique est comparable à celle des mois précédents, avec une sismicité superficielle localisée principalement le long des grands systèmes de failles distribuées entre la Martinique et Barbuda.  
Le jeudi 9 septembre, un séisme modéré ( $M=5.3$ ) d'origine tectonique a été enregistré à 20h43 heure locale et localisé à 58 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 17 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).  
Le vendredi 24 septembre, un séisme modéré ( $M=5.3$ ) d'origine tectonique a été enregistré à 23h12 heure locale et localisé à 63 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 18 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).  
5 séismes ont été enregistrés entre Les Saintes et la Dominique (voir la Figure 7). La majorité de ces séismes n'a pas été signalée (car de magnitude trop faible) et aucun séisme n'a été signalé.

# EDUSEIS pour l'enseignement au collège

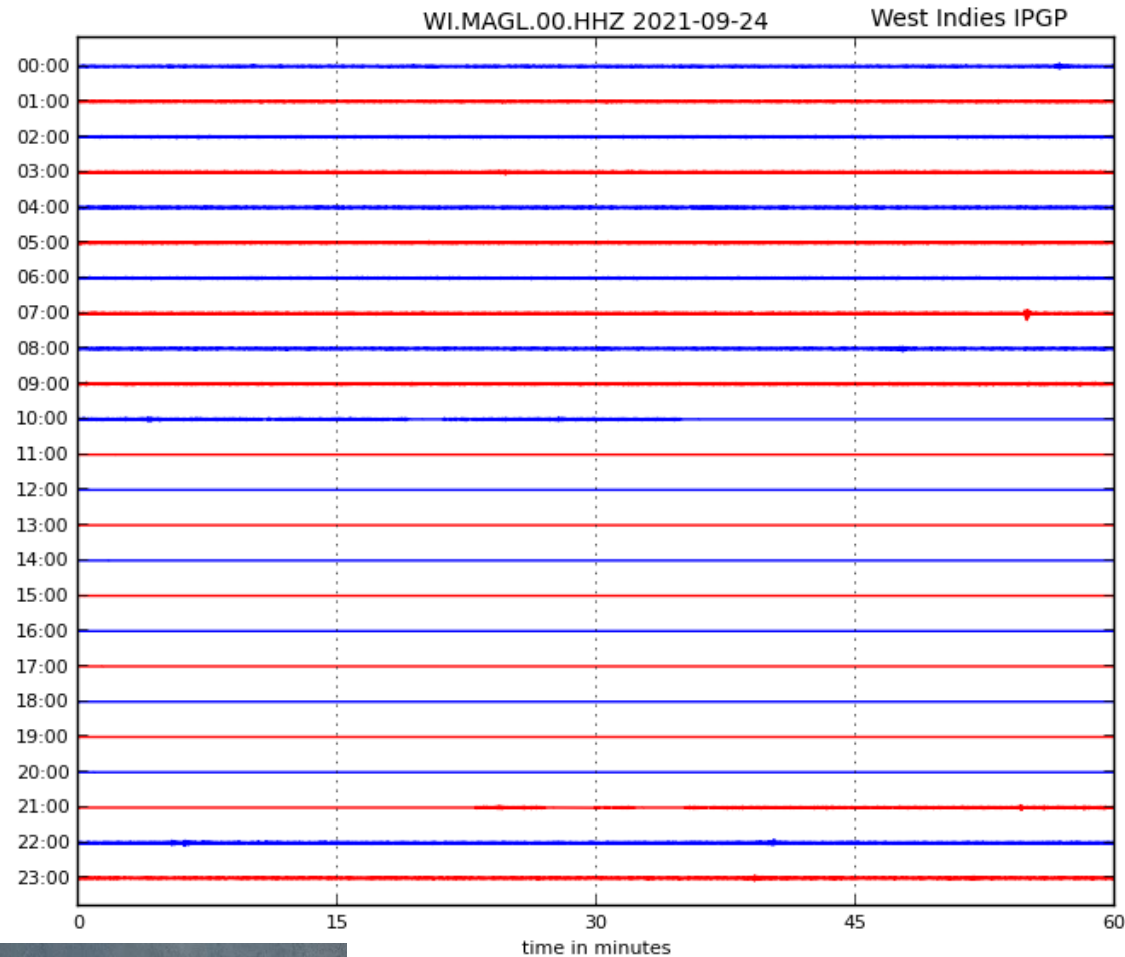
## Propositions de pistes :

*enquêter sur un signal détecté par une station sismologique*

*étudier un risque naturel local*

*Un contexte géologique propice aux séismes*

*Sismicité historique et risque sismique*

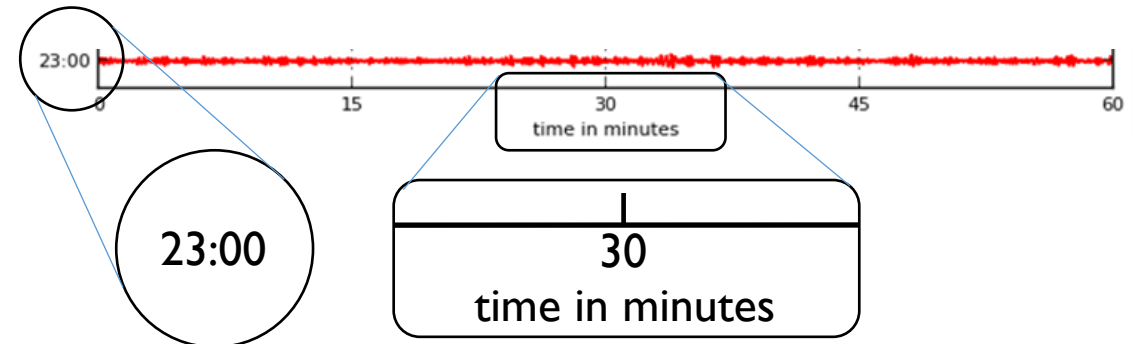


Données de la station de recherche MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP) / RESIF

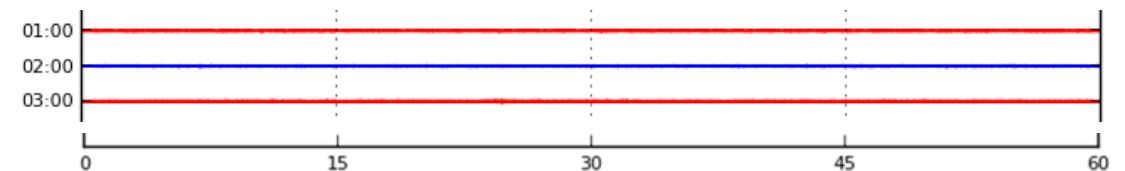
## Document de travail de départ : Le dérouleur journalier

- Un dérouleur journalier  
image illustrant les vibrations du sol sous une station sismologique
- deux informations données

✓ l'heure en TEMPS UNIVERSEL (UTC)



✓ l'amplitude des mouvements du sol (d'origines naturelles et anthropiques)

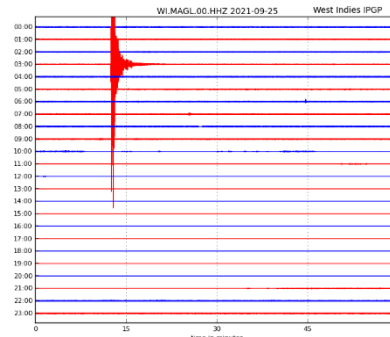




Télécharger le dérouleur de la journée du 25 septembre sur <http://edumed.unice.fr/eduseis/caraibes/>

[Network](#)[Live](#)[Data Center ▼](#)[Tools Lab](#)[Teachers Room](#)[Partenaires](#)[EDUSEIS ▼](#)[EduChallenge](#)

Bienvenue sur les bases de données EDUSEIS - CARAIBES

[En ce moment / \*Currently\*](#)[Séismes récents / \*Last quakes\*](#)[Réseau SISMO / \*Network\*](#)[Dérouleurs journaliers / \*Dayplots\*](#)[Recherche de sismicité / \*Seismicity\*](#)[Sismogrammes d'intérêt pédagogique / \*Seismograms\*](#)[Ma station / \*My station\*](#)[Aujourd'hui / \*Today\*](#)[Journées passées / \*Past dayplots\*](#)[ILAM \(Caravelle , West Indies\)](#)[SMART \(Quartier D'Orléans , EDUSEIS\)](#)[MAGL \(Marie-Galante , West Indies\)](#)[MPOM \(Morne Pois , IPGP\)](#)[MVM \(Montagne du Vauclin , OVSM\)](#)

Date initiale

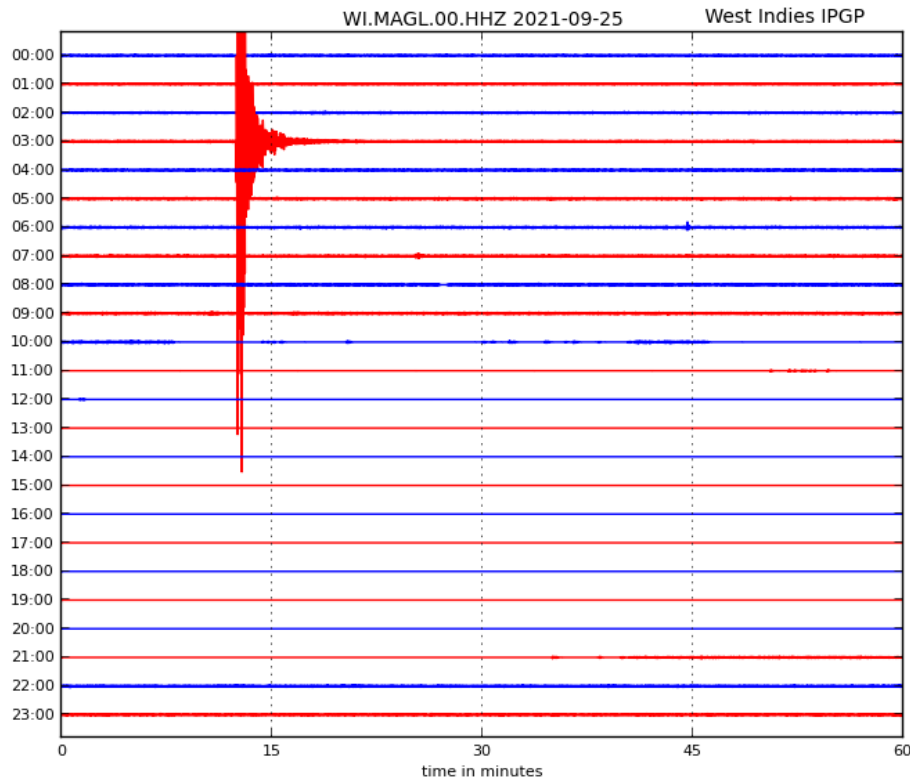
25-09-2021

Date finale

25-09-2021

J'ai choisi !

Décocher les stations sélectionnées



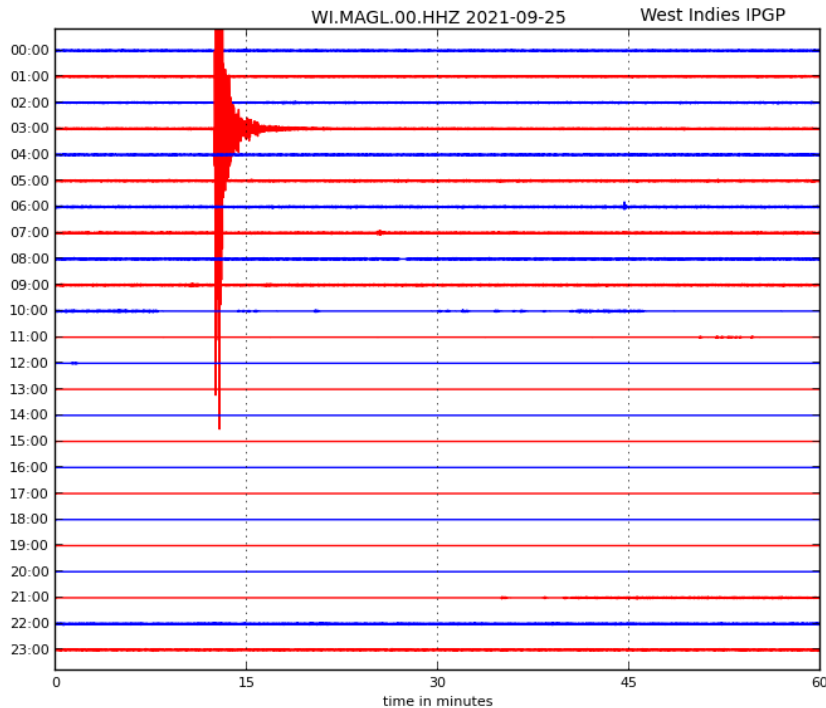
### Proposition d'activité n° I

- Décrire le document, définir les informations données
- Analyser les vibrations du sol tout au long de la journée
- Faire ressortir l'information remarquable de cette journée
- Emmètre une ou des hypothèses sur son origine
- Proposer une méthode d'investigation pour tester l'hypothèse



Données de la station de recherche  
MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP)  
/ RESIF

## Proposition d'activité n°1



➤ Proposer une méthode d'investigation pour tester l'hypothèse :

Plusieurs pistes :

✓ Une expérience dans la salle de cours

✓ Une recherche en ligne :

❖ Centre de recherche local : l'OVSG

❖ La base de données EDUSEIS sur le site EduMed-Obs



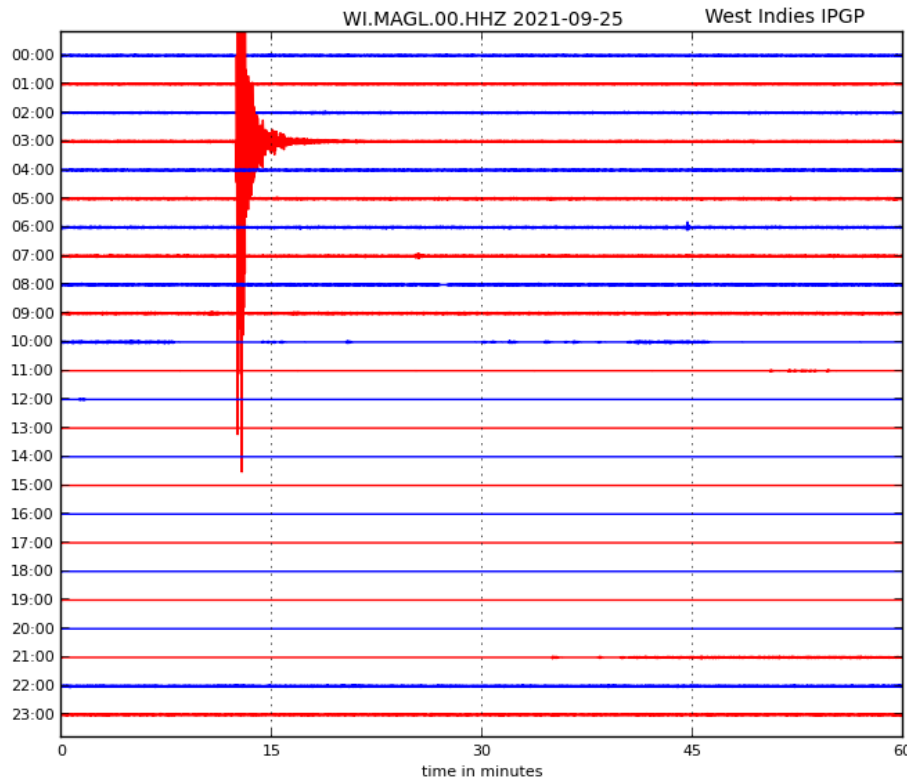
Données de la station de recherche  
MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP)  
/ RESIF



## Proposition d'activité n°1

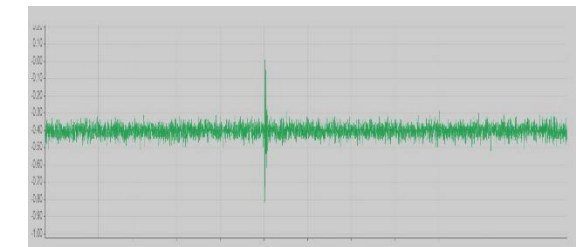
### Une expérience dans la salle de cours

#### ❖ Les capteurs piézo-électriques et le logiciel Audacity



Données de la station de recherche  
MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP)  
/ RESIF

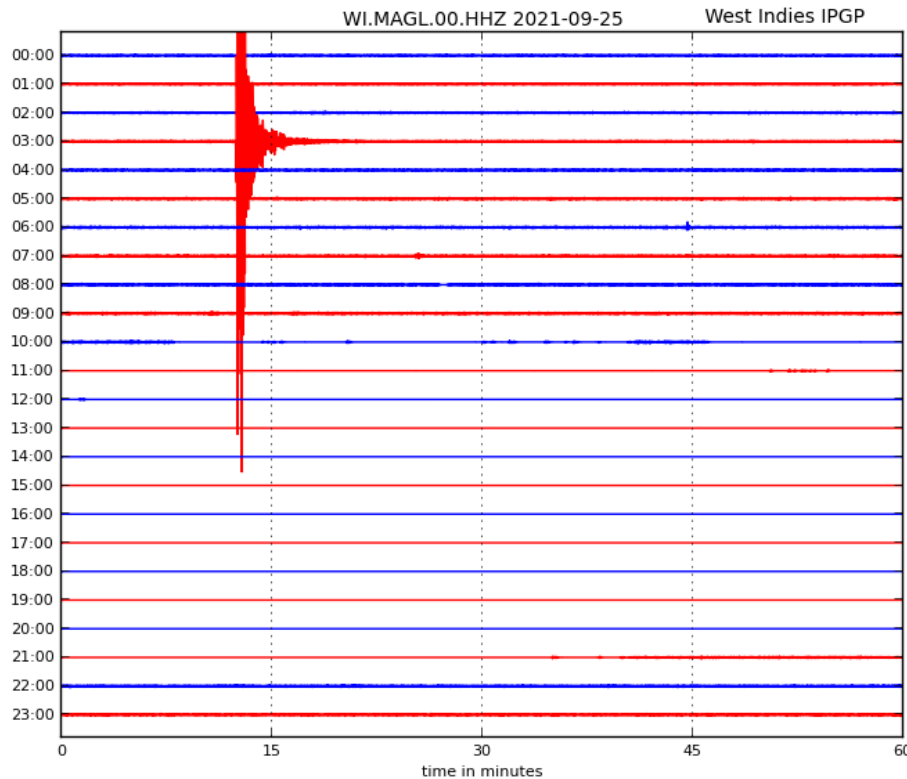
#### ❖ Un accéléromètre électronique et le logiciel RISSC ( EduMed )



RISSC : <http://edumed.unice.fr/toolslab/RISSC/>  
Capteurs : <https://www.la-mep.com/>

## Proposition d'activité n°1

### Une recherche en ligne



Données de la station de recherche  
MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP)  
/ RESIF

Les bulletins d'information  
publiés sur le site de l'OVSG



Le site de l'Observatoire Volcanologique et  
Sismologique de la Guadeloupe (OVSG)

### Sismicité régionale

L'Observatoire a enregistré au cours du mois un total de **54** séismes d'origine tectonique, de magnitude maximale **5.34**. La Figure 7 montre la carte des épicentres dans une région d'environ 550 km autour de la Guadeloupe.

En ce qui concerne l'archipel guadeloupéen, la répartition géographique de l'activité sismique est comparable à celle des mois précédents, avec une sismicité superficielle localisée principalement le long des grands systèmes de failles distribuées entre la Martinique et Barbuda.

Le jeudi 9 septembre, un séisme modéré ( $M=5.3$ ) d'origine tectonique a été enregistré à 20h43 heure locale et localisé à 58 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 17 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).

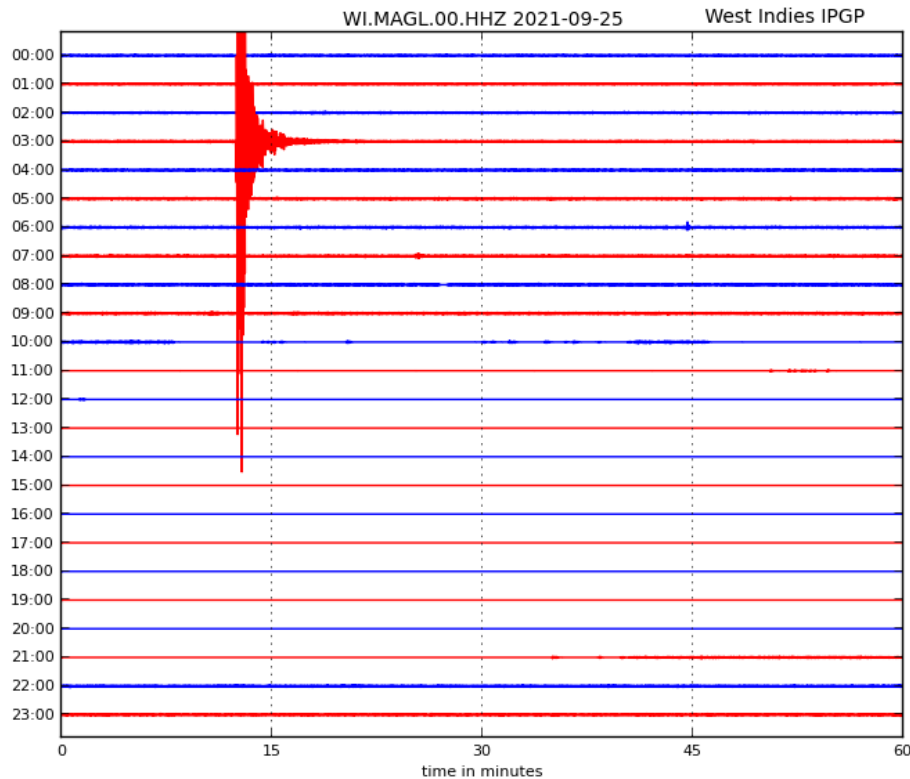
Le vendredi 24 septembre, un séisme modéré ( $M=5.3$ ) d'origine tectonique a été enregistré à 23h12 heure locale et localisé à 63 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 18 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).

**15** séismes ont été enregistrés entre Les Saintes et la Dominique (voir la Figure 7). La majorité de ces séismes n'a pas pu être localisée (car de magnitude trop faible) et aucun séisme n'a été signalé ressenti.

Extrait du bulletin du mois de septembre 2021

## Proposition d'activité n°I : Une recherche en ligne

La base de données EDUSEIS sur le site EduMed-Obs  
<http://edumed.unice.fr/eduseis/caraibes/>



Données de la station de recherche  
MAGL (Marie Galante)  
Source : réseau West Indies (IPGP)  
/ RESIF

Network Live Data Center Tools Lab Teachers Room Partenaires EDUSEIS EduChallenge

Bienvenue sur les bases de données EDUSEIS - CARAIBES

EduMed-Obs > EDUSEIS > Vous êtes dans l'espace des données "EDUSEIS - CARAIBES"

A l'écoute sismique de la Terre !

L'Observatoire EduMed propose de consulter les données sismiques de son propre réseau éducatif, mais aussi des données provenant d'autres réseaux éducatifs, ainsi que des données de recherche.

→ A lire : sources des données ! ←

En manque d'idées pour vos progressions ? Cliquez ici !

En ce moment / Currently Séismes récents / Last quakes Réseau SISMO / Network Données journalières / Dayplots Recherche de sismicité / Seismicity Sismogrammes d'intérêt pédagogique / Seismograms

Ma station / My station

Aujourd'hui / Today Journées passées / Past dayplots

Latitude max : 18.70  
Longitude min : -63.29  
Latitude min : 10.74  
Longitude max : -58.73

Je veux la sismicité à l'échelle du globe

Magnitudes : de 0 à 10

Profondeur : de 0 à 1000 km

J'ai choisi !

CSV pour tableaux Ouvrir avec Google Earth

CSV pour Tectoglob3D Ouvrir avec Tectoglob3D

76 séismes trouvés :

3 séismes trouvés :

date	latitude (deg)	longitude (deg)	profondeur (km)	magnitude	lieu
2021-09-25 07:24:59	16,670	-61,020	-23,0	2,6	Guadeloupe
2021-09-25 06:44:26	16,070	-61,160	-21,7	2,0	Guadeloupe
2021-09-25 03:12:15	16,880	-61,120	-17,0	5,3	Guadeloupe



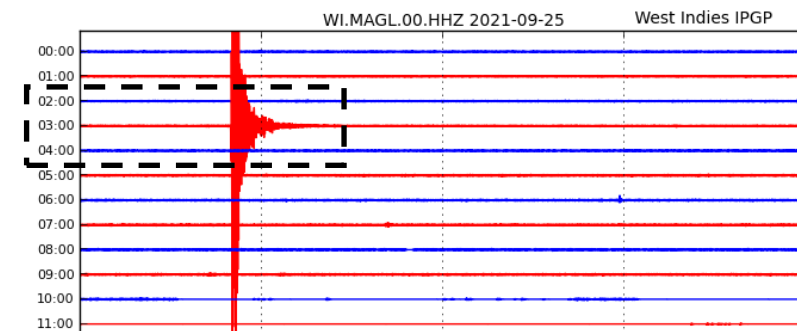
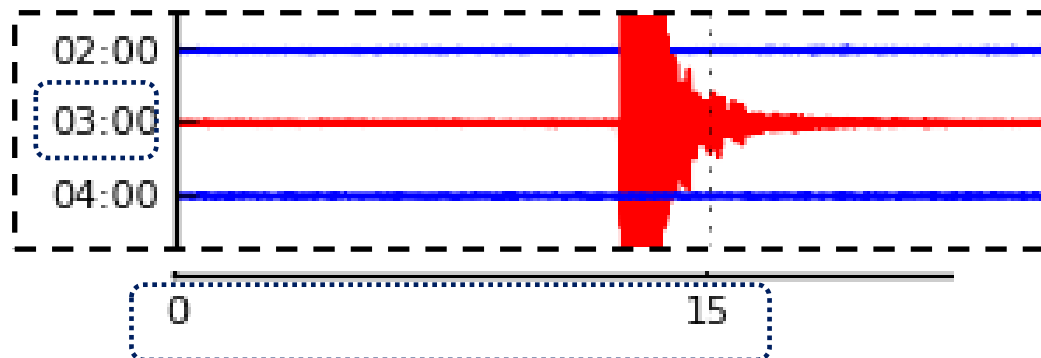
## Piste pédagogique I : enquêter sur un signal détecté par une station sismologique

La plateforme EduMed propose un accès rapide au catalogue de sismicité de la région Caraïbes, catalogue fourni par le Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM) et l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

→ <http://edumed.unice.fr/eduseis/caraibes/> onglet « Catalogue de sismicité »

3 séismes trouvés :

date	latitude (deg)	longitude (deg)	profondeur (km)	magnitude	lieu
2021-09-25 07:24:59	16,670	-61,020	-23,0	2,6	Guadeloupe
2021-09-25 06:44:26	16,070	-61,160	-21,7	2,0	Guadeloupe
2021-09-25 03:12:15	16,880	-61,120	-17,0	5,3	Guadeloupe

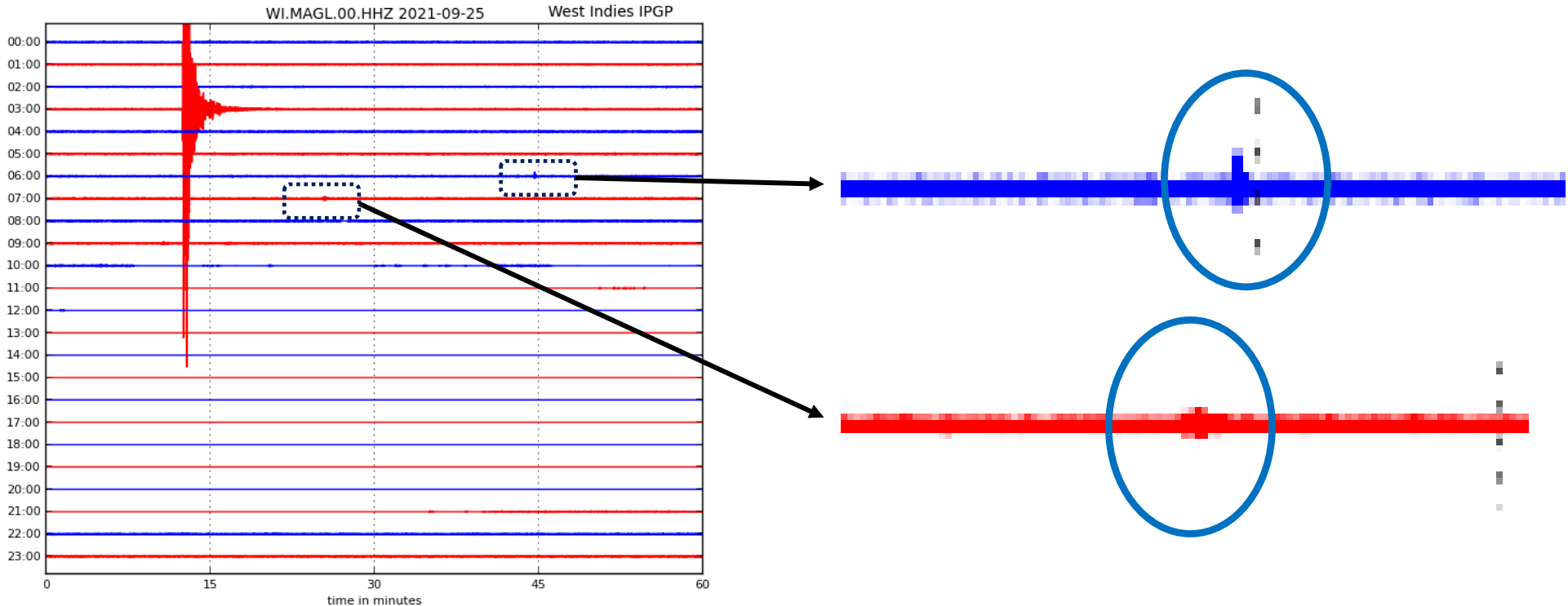


Extrait du catalogue de sismicité disponible dans l'espace EDUSEIS de l'Observatoire EduMed, pour la journée du 25 septembre 2021

# Piste pédagogique I : enquêter sur un signal détecté par une station sismologique

3 séismes trouvés :

date	latitude (deg)	longitude (deg)	profondeur (km)	magnitude	lieu
2021-09-25 07:24:59	16,670	-61,020	-23,0	2,6	Guadeloupe
2021-09-25 06:44:26	16,070	-61,160	-21,7	2,0	Guadeloupe
2021-09-25 03:12:15	16,880	-61,120	-17,0	5,3	Guadeloupe



# EDUSEIS pour l'enseignement au collège

## Propositions de pistes :

*enquêter sur un signal détecté par une station sismologique*

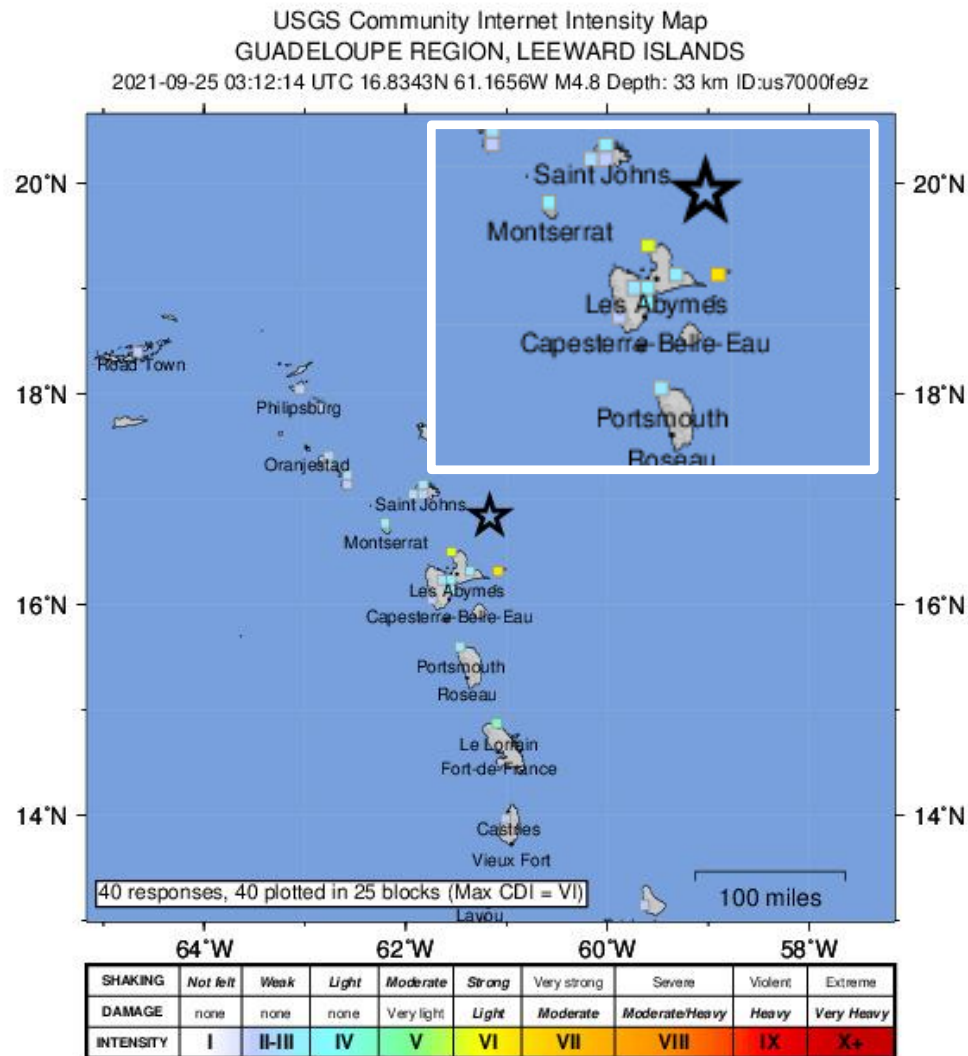
*étudier un risque naturel local*

*Un contexte géologique propice aux séismes*

*Sismicité historique et risque sismique*



## Introduction du séisme de Guadeloupe, 24 septembre 2021 | M=5,3



Processed: Fri Oct 22 22:09:57 2021 vmdyfi1

### Sismicité régionale

L'Observatoire a enregistré au cours du mois un total de **54** séismes d'origine tectonique, de magnitude maximale **5.34**. La Figure 7 montre la carte des épïcêtres dans une région d'environ 550 km autour de la Guadeloupe.

En ce qui concerne l'archipel guadeloupéen, la répartition géographique de l'activité sismique est comparable à celle des mois précédents, avec une sismicité superficielle localisée principalement le long des grands systèmes de failles distribuées entre la Martinique et Barbuda.

Le jeudi 9 septembre, un séisme modéré (M=5.3) d'origine tectonique a été enregistré à 20h43 heure locale et localisé à 58 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 17 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).

Le vendredi 24 septembre, un séisme modéré (M=5.3) d'origine tectonique a été enregistré à 23h12 heure locale et localisé à 63 km au nord-est de La Désirade, à une profondeur de 18 km. Ce séisme a été largement ressenti en Guadeloupe (intensité macroscopique IV-V).

**15** séismes ont été enregistrés entre Les Saintes et la Dominique (voir la Figure 7). La majorité de ces séismes n'a pas pu être localisée (car de magnitude trop faible) et aucun séisme n'a été signalé ressenti.

- Séisme de Guadeloupe – 24 septembre 2021, 23h12m, Prof : 17 km,  $M=5,3$
- A partir de l'espace EDUSEIS/Caraibes – onglet « Sismogrammes d'intérêts pédagogiques »
  - ✓ Rechercher le séisme de Guadeloupe du 25 septembre 2019 (heure UTC!)
  - ✓ Choisir l'option « Ouvrir avec Tectoglob3D »



EDU MED

Network Live Data Center ▼ Tools Lab Teachers Room Partenaires EDUSEIS ▼ EduChallenge

Bienvenue sur les bases de données EDUSEIS - CARAIBES

EduMed-Obs > EDUSEIS > Vous êtes dans l'espace des données "EDUSEIS - CARAIBES"

A l'écoute sismique de la Terre !

L'Observatoire EduMed propose de consulter les données sismiques de son propre réseau éducatif, mais aussi des données provenant d'autres réseaux éducatifs, ainsi que des données de recherche.

---> A lire : sources des données ! <---

En manque d'idées pour vos progressions ? Cliquez ici !

En ce moment / Currently Séismes récents / Last quakes Réseau SISMO / Network Dérouleurs journaliers / Dayplots Recherche de sismicité / Seismicity Sismogrammes d'intérêt pédagogique / Seismograms

Ma station / My station

2021.09.25 / 03h12m15s / M=5.1 / Guadeloupe

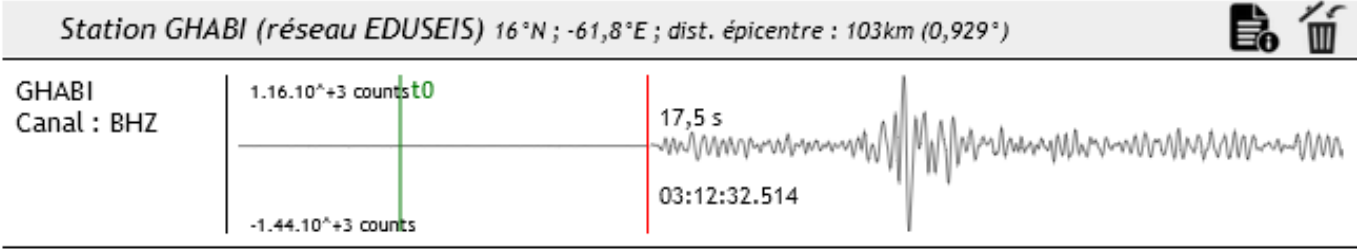
Données de recherche et éducative (EDUSEIS) du séisme survenu au nord-est de l'archipel de la Guadeloupe.

Télécharger le zip

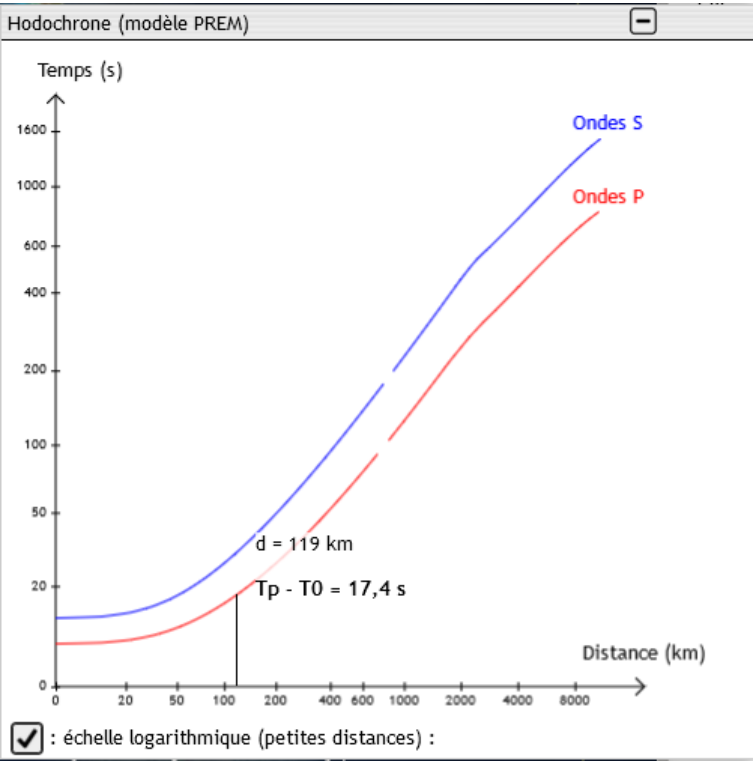
Ouvrir avec Tectoglob3D

## Analysons d'abord les informations enregistrées en surface : les sismogrammes

- Afficher le temps origine (T0) sur les sismogrammes
- Relever le délai entre le T0 et l'heure d'arrivée de la première onde P (Tp) à chaque station



- A partir de l'outil Hodochrone de Tectoglob3D , relever la distance théoriques de chaque station en fonction de l'heure d'arrivée de l'onde P et compléter le tableau



Stations	Tp - T0 (s)	Distance (km)
GMORN	12,8	80
GANNE	12,1	73
CBE	15,9	106
MAGL	15,5	103
GHABI	17,5	119
TDBA	18,9	131

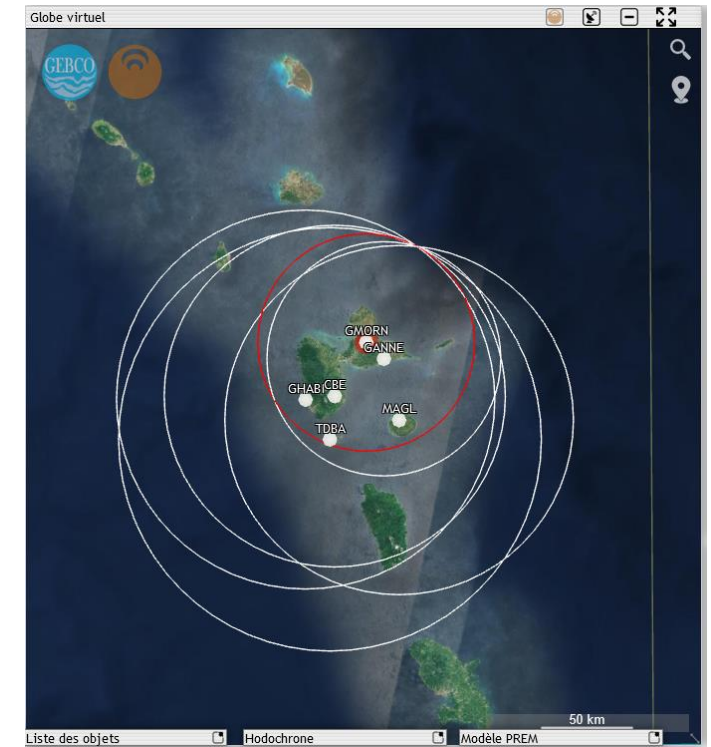


### localisation de l'épicentre, à partir de l'analyse des temps d'arrivée de l'onde P

- Dessiner pour chaque station un cercle, centré sur la station, et de rayon égal à la valeur de la distance théorique du séisme, et proposer une localisation approximative du séisme en fonction de vos résultats
- A partir de l'espace de téléchargement de la sismicité dans les caraïbes , rechercher la localisation obtenue par les centres de recherche, et compléter le tableau suivant . Attention : en sismologie, c'est l'heure en temps universel qui est utilisée !

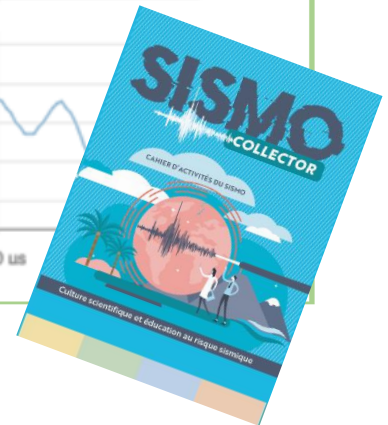
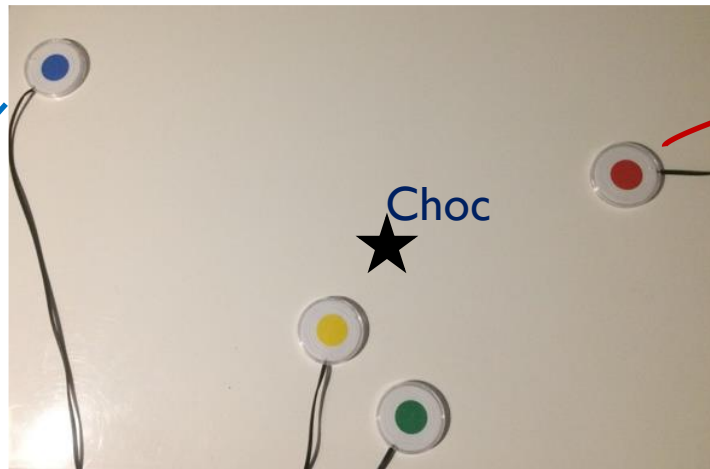
Latitude (°N)	Longitude (°E)	Profondeur (km)
16,88	-61,12	17

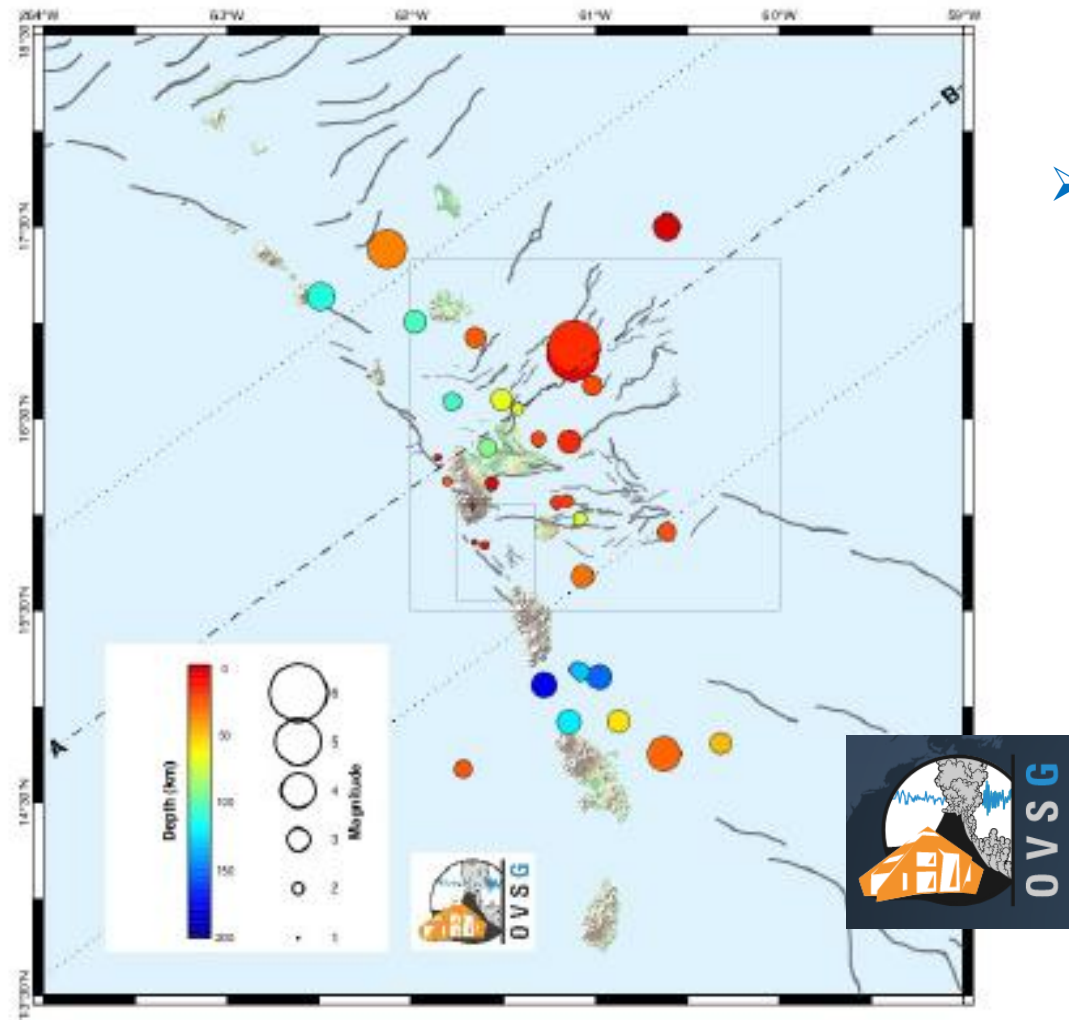
- Comparer les localisation. Discuter des causes de la différence de localisation ?



Un exemple de localisation avec des capteurs connectés

<http://edumed.unice.fr/toolslab/RISSC/>





**Figure 7.** Carte des épicentres du mois de septembre 2021 correspondant aux séismes enregistrés et localisés par l'OVSG-IPGP autour de la Guadeloupe. Traits noirs = failles principales connues (d'après Feuille et al. 2000).

Extrait du bulletin du mois de septembre 2021

## Un peu de contextualisation

- Le séisme du 24 septembre 2021 n'est pas une exception
  - ✓ 54 séismes détectés en septembre (source OVSG)
  - ✓ Deux séismes « modérés » de magnitude supérieure à 5
    - jeudi 9 septembre 2021 - M=5.3
    - vendredi 24 septembre 2021 - M=5.3
    - (dates à l'heure locale)



## Une problématique

**Mais pourquoi autant de séismes dans la zone antillaise ?**



# EDUSEIS pour l'enseignement au collège

## Propositions de pistes :

*enquêter sur un signal détecté par une station sismologique*

*étudier un risque naturel local*

*Un contexte géologique propice aux séismes*

*Sismicité historique et risque sismique*

### ➤ Géodésie et dynamique de la lithosphère ( mobilité horizontale)

En 1970 :  
Publication de X. Le Pichon  
Géodynamicien

#### Résumé

« La tectonique des plaques admet que les zones orogéniques, où se dissipe l'essentiel de l'énergie mécanique, sont les zones où **des mouvements horizontaux différentiels entre plaques lithosphériques rigides se produisent**. Le succès de l'hypothèse dépend du fait que les déformations asismiques à l'intérieur des plaques sont beaucoup plus faibles que les mouvements le long des zones sismiques. La rigidité des plaques permet donc de traiter de leur cinématique de manière rigoureuse ».

Des satellites en orbite autour de la Terre sont spécialisés dans la mesure de la position de balises à la surface de la planète.

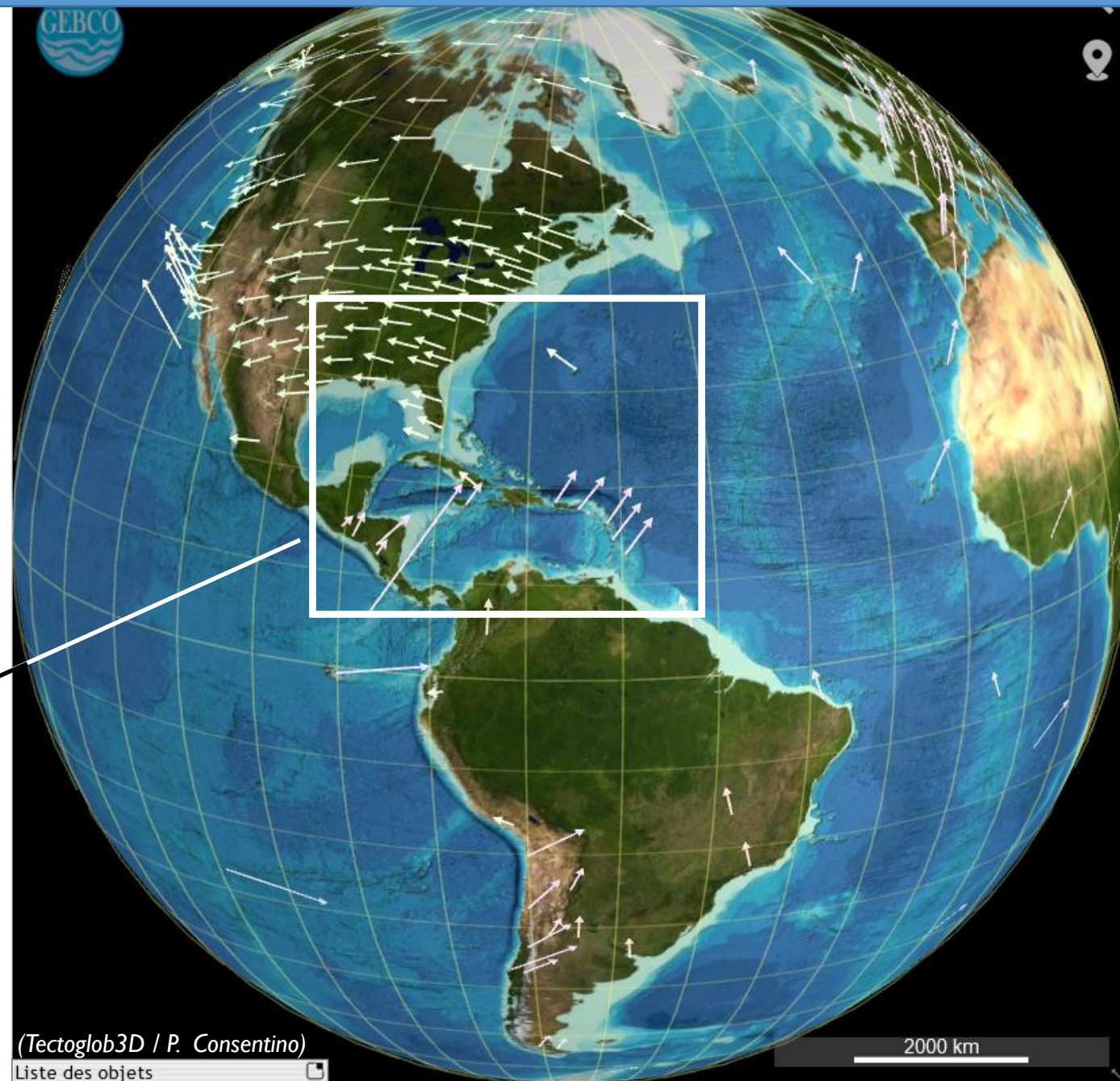
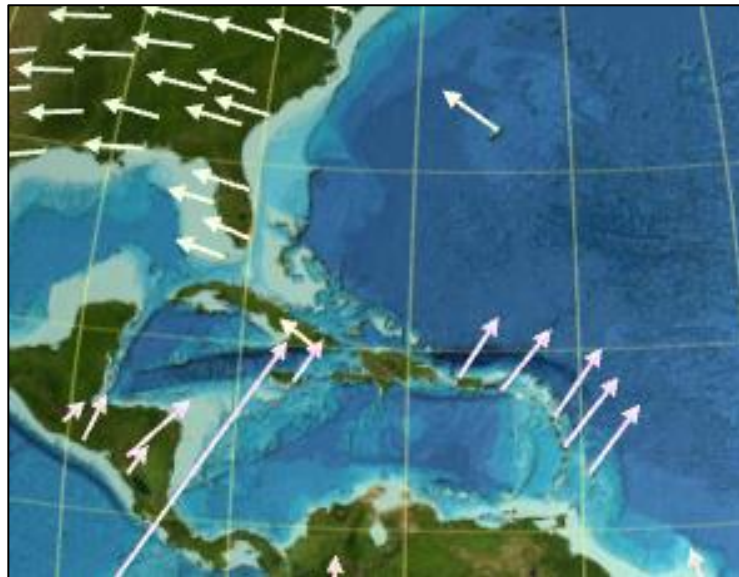


Une problématique

Mais pourquoi autant de séismes dans la zone antillaise ?

➤ La surface de la Terre, une structure en mouvement

- ✓ analyse de déplacements horizontaux en différents points du globe terrestre





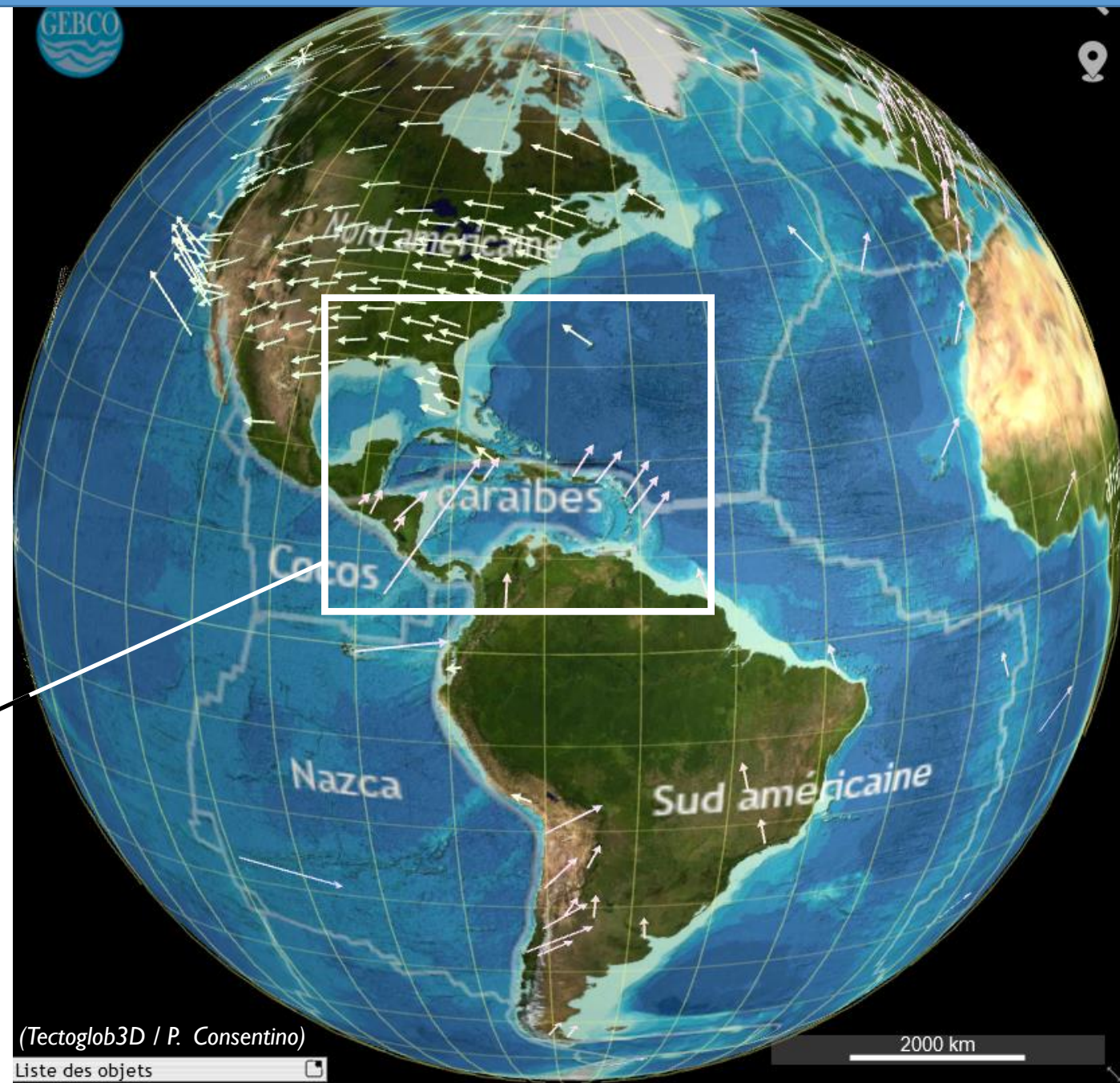
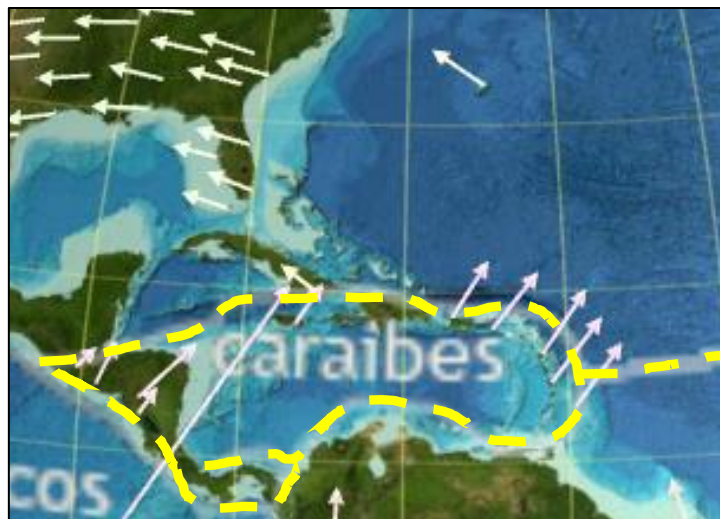
Une problématique

Mais pourquoi autant de séismes dans la zone antillaise ?

➤ La surface de la Terre, une structure en mouvement

✓ des plaques tectoniques ....

... avec des déplacements différents !



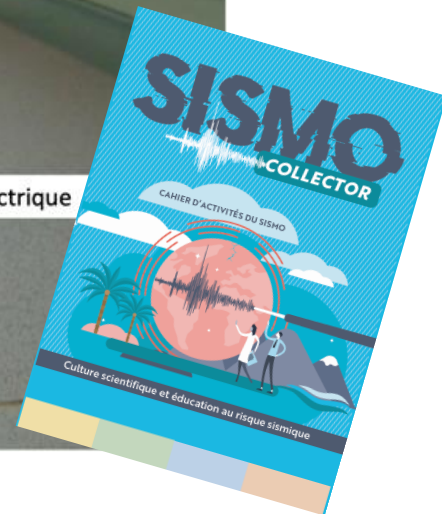
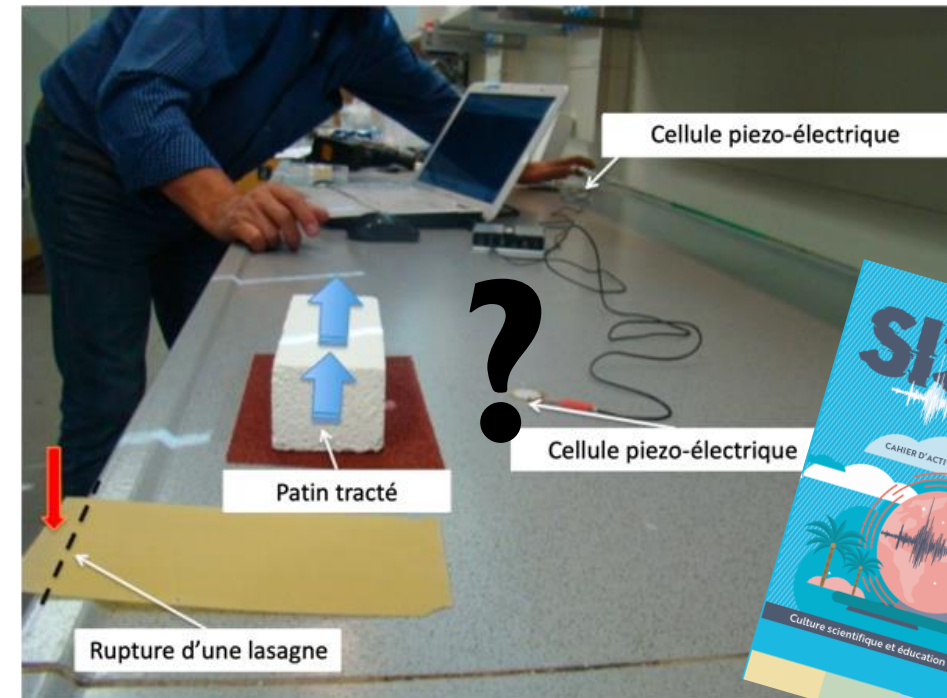
(Tectoglob3D / P. Consentino)

Liste des objets

Une problématique

Mais pourquoi autant de séismes dans la zone antillaise ? ➤ La surface de la Terre, une structure en mouvement

**Expérience : comment produire et enregistrer un séisme avec le matériel suivant ?**





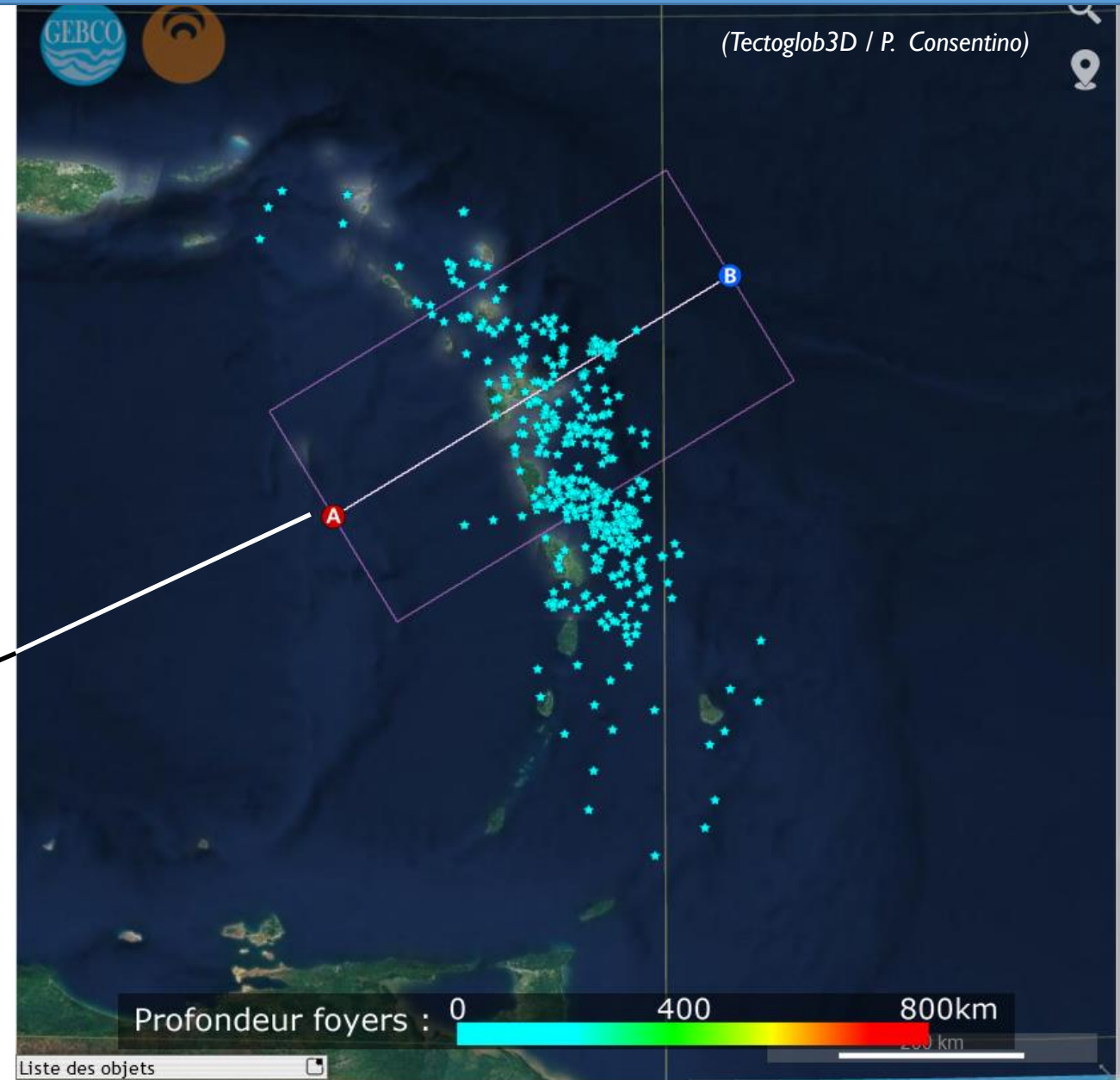
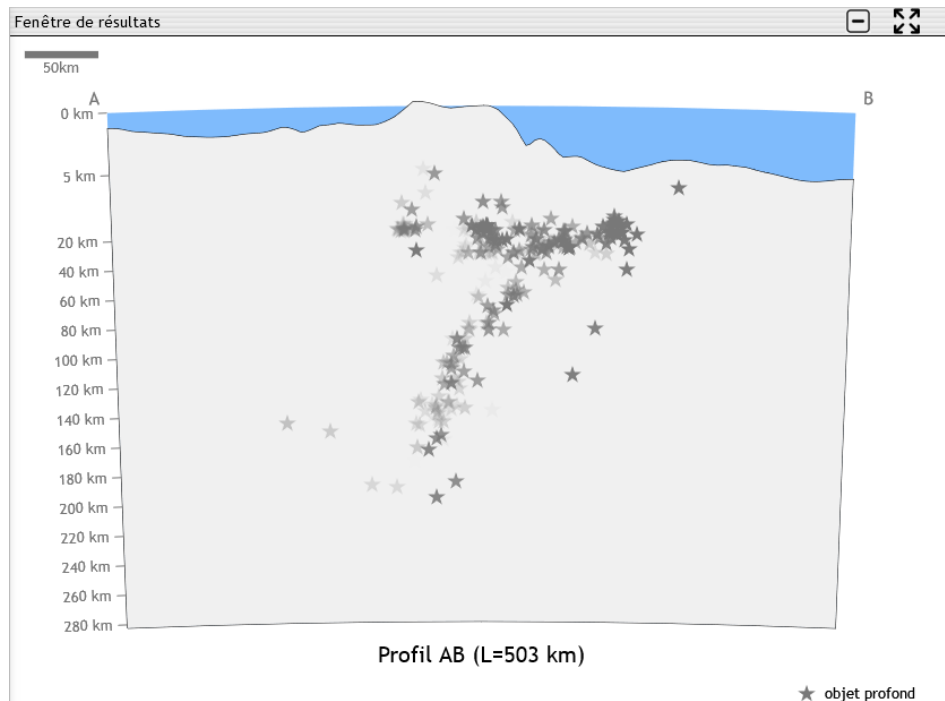
### Une problématique

Mais pourquoi autant de séismes dans la zone antillaise ?

➤ La surface de la Terre, une structure en mouvement

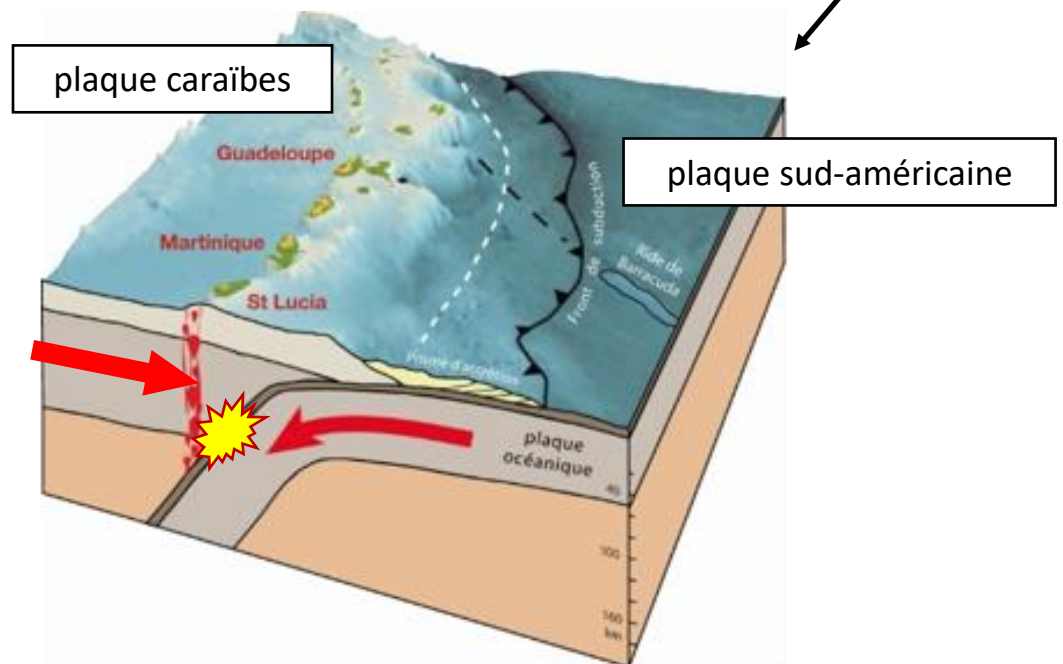
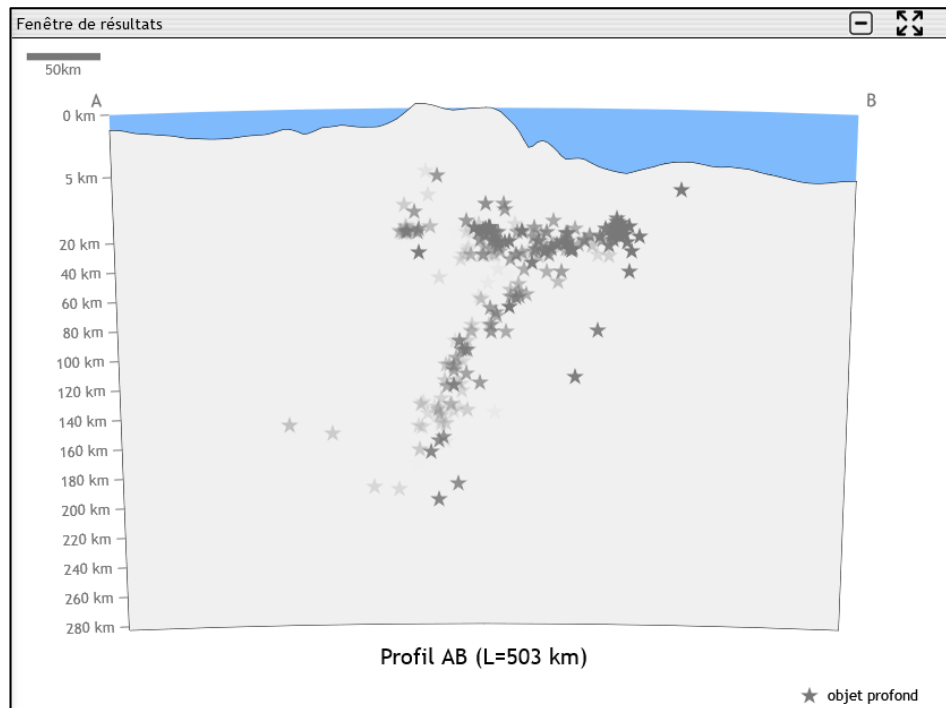
✓ des plaques tectoniques ....

... qui cassent en profondeur !





- La zone antillaise est proche d'une frontière entre deux plaques tectoniques,
- qui ont des déplacements différents
- Ces déplacement provoquent la déformation des roches en profondeur
- Ces roches se déforment jusqu'à se casser : ce sont les séismes !



# EDUSEIS pour l'enseignement au collège

## Propositions de pistes :

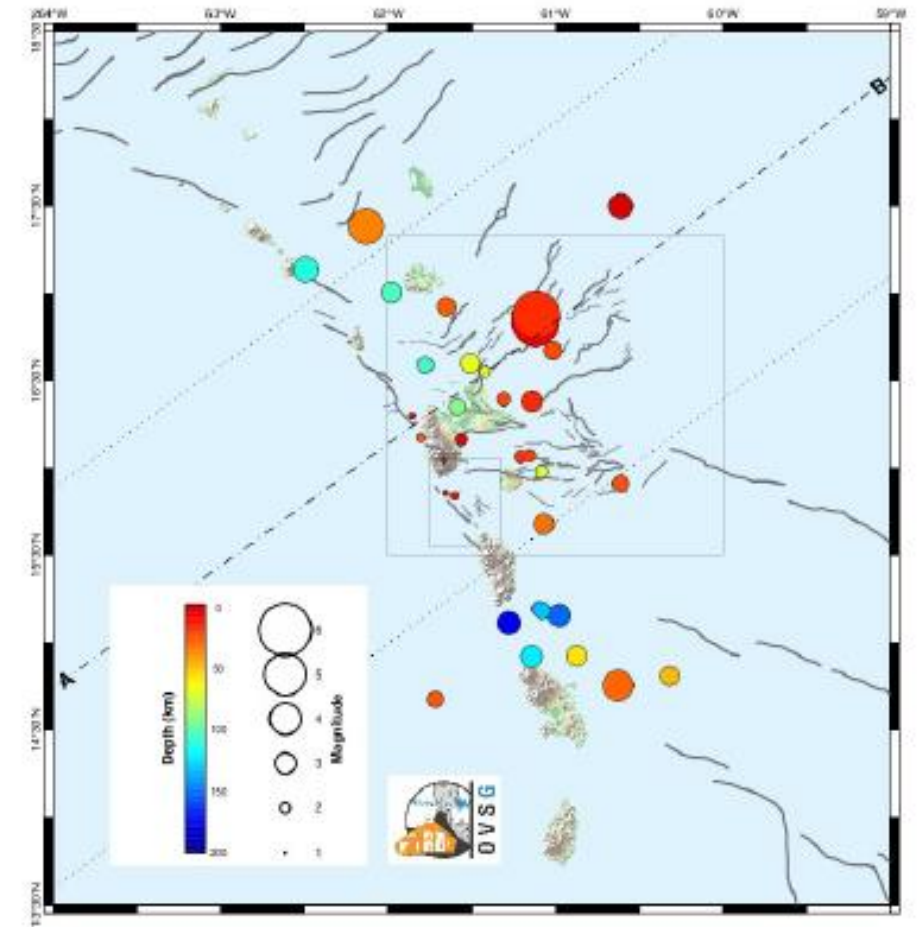
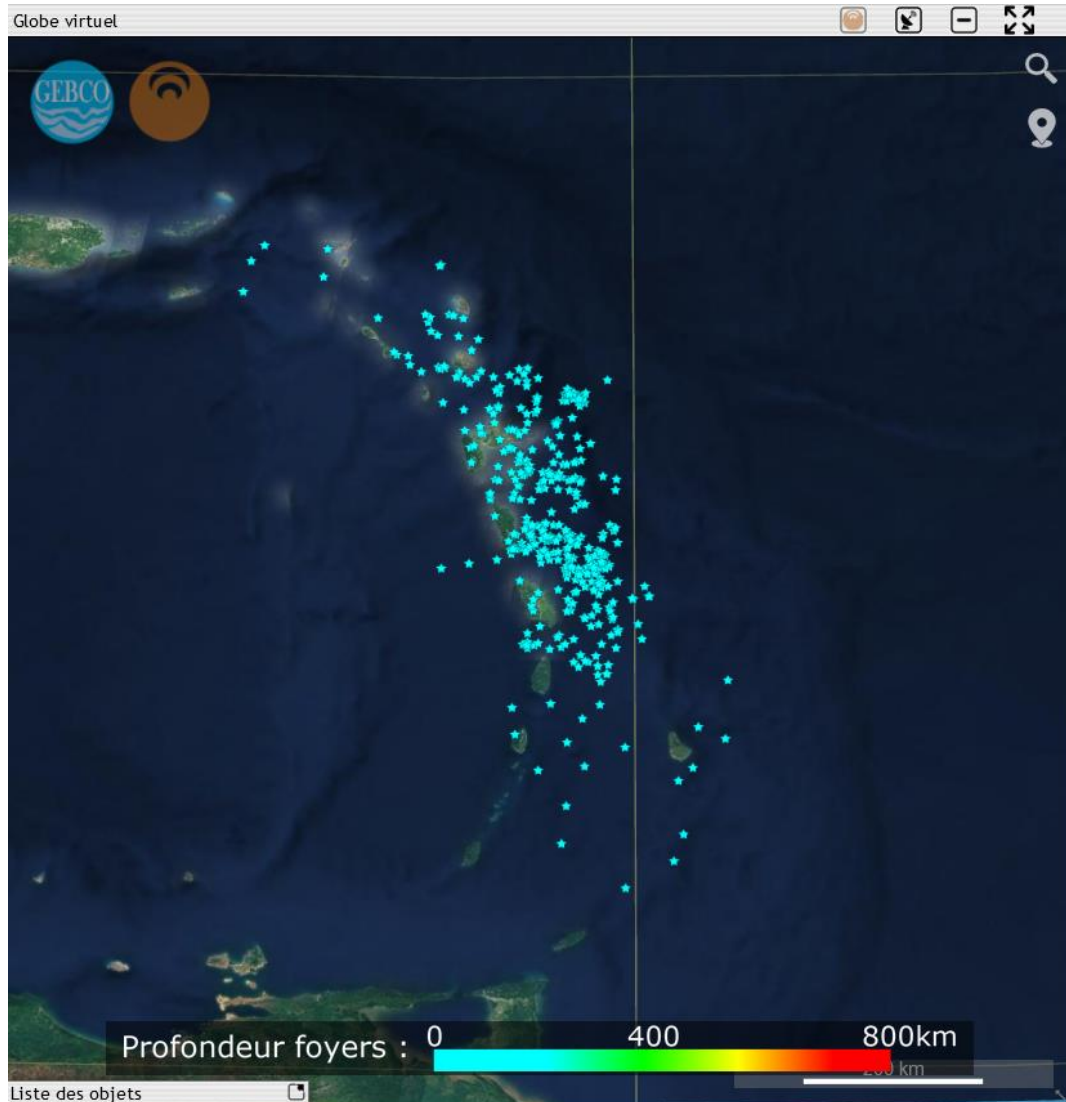
*enquêter sur un signal détecté par une station sismologique*

*étudier un risque naturel local*

*Un contexte géologique propice aux séismes*

*Sismicité historique et risque sismique*

Observer les séismes , et comprendre leur impacts possibles sur nos sociétés



**Figure 7.** Carte des épicentres du mois de septembre 2021 correspondant aux séismes enregistrés et localisés par l'OVSG-IPGP autour de la Guadeloupe. Traits noirs = failles principales connues (d'après Feuillet et al. 2000).

De nombreux séismes se produisent chaque année, mais il y a en aussi eu dans le passé ...



## Etude de document sur le séisme du 8 février 1843

Quelques questions :

- ✓ Relever des exemples décrivant le ressenti de la population
- ✓ Relever des exemples décrivant l'impact sur les constructions
- ✓ Relever des exemples décrivant l'impact sur l'environnement
- ✓ Quelle est la cause avancée dans le texte pour expliquer un tel impact ?



### Séisme du 8 février 1843 à la Guadeloupe

**C**ette ville si belle, la perle des Antilles [...] offrait des rues droites et spacieuses, bordées de maisons à plusieurs étages, et dans laquelle les piétons trouvaient partout d'élégants trottoirs, les voitures un pavé uni.  
Hélas ! La perle des Antilles, Pointe-à-Pitre, encore appelée la Venise des Tropiques, va passer en quelques heures du statut de ville opulente à celui de ruines fumantes...

C'est ainsi que le 8 février 1843 à 10h40, par une belle matinée et par un « ciel serin », alors que tout laissait présager une belle journée, un grondement sourd se fit entendre dans toutes les Petites Antilles et au-delà, accompagné d'abord de légers tremblements du sol qui, augmentant de seconde en seconde, furent rapidement si violents que de nombreuses personnes perdirent leur équilibre et tombèrent à terre.

Sur l'île de la Martinique, à Fort-Royal (aujourd'hui Fort-de-France), un témoin rapporte : « Nous sûmes bientôt qu'il n'était arrivé aucun sinistre dans la ville ; mais les anciens de la ville disaient hautement que ce tremblement de terre, qui s'était prolongé si fort, devait être ce qu'ils appelaient une queue, et que nous apprendrions bientôt quelque grand désastre qui serait inmanquablement arrivé dans quelque île voisine. »

En effet, si la Martinique, qui avait été ravagée quatre ans plus tôt par un violent séisme survenu au large de ses côtes, s'en tira cette fois-ci avec des dommages limités et quelques moulins endommagés, il n'en est pas de même des îles situées plus au nord parmi lesquelles son île sœur de Guadeloupe.

Avec un épïcêtre localisé en mer au nord-est de la Guadeloupe, c'est dans cette île et dans celles d'Antigua et de Barbuda que les dommages s'avèrent les plus prononcés. À Antigua, toutes les maisons en pierre se sont entièrement effondrées, ainsi que la cathédrale et un grand nombre d'églises, faisant plus d'une quarantaine de victimes.



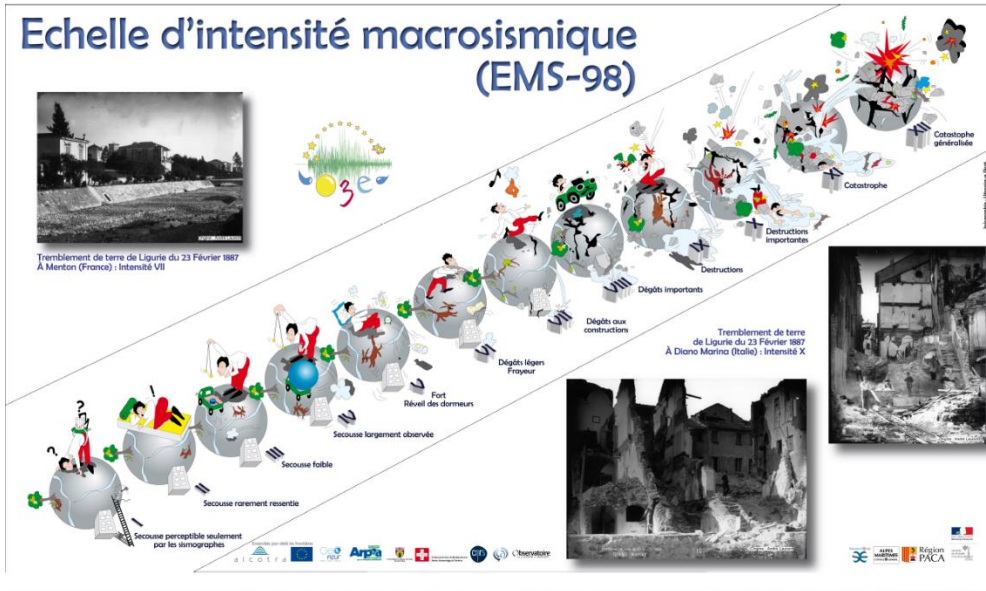
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)

## Analyse de la carte d'intensité macrosismique (MSK)

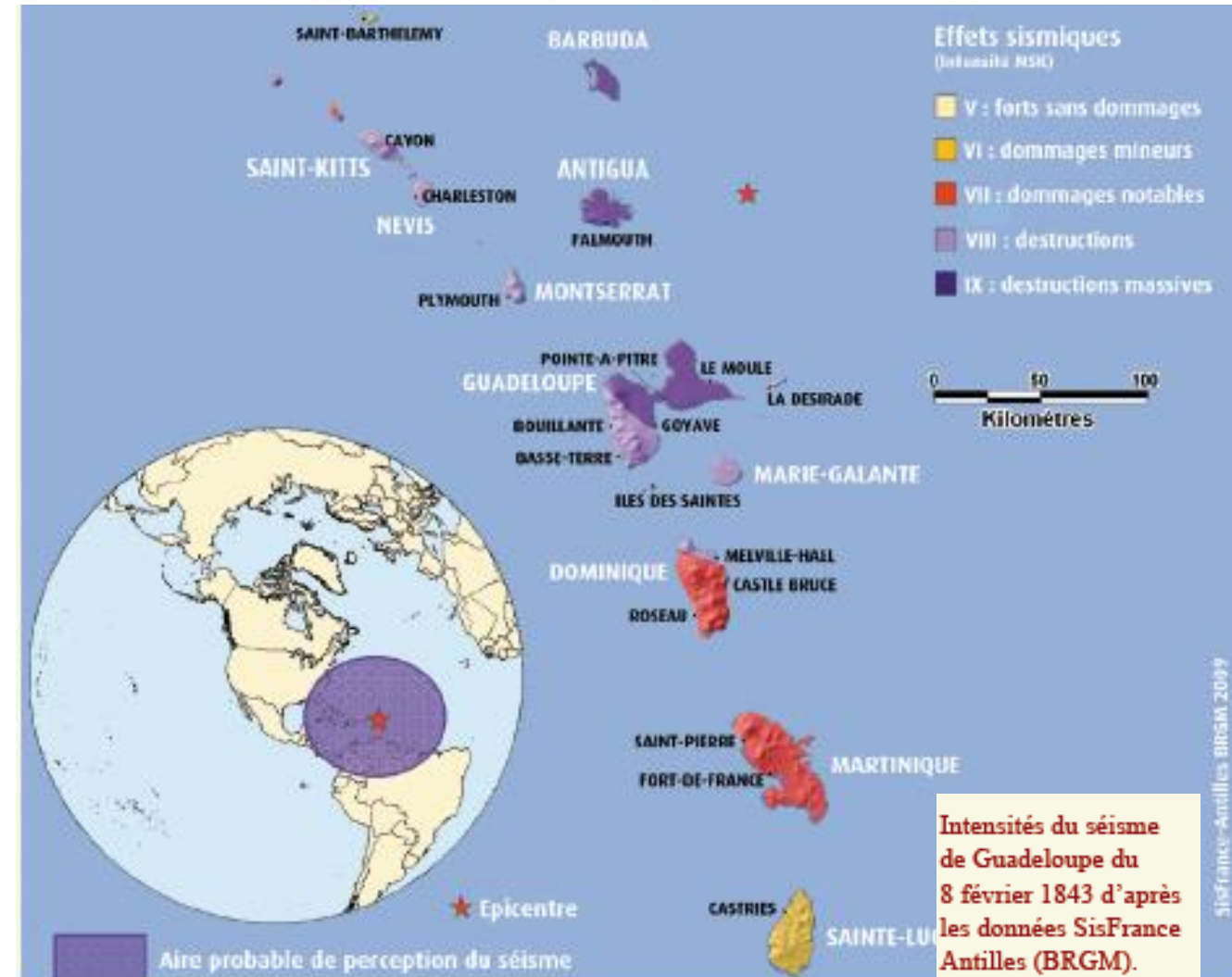
<http://edumed.unice.fr/teachers-room/docs-seismes/>

### Echelle d'intensité macrosismique (EMS-98)



Quelques questions :

- ✓ Identifier la valeur minimale et la valeur maximale de l'intensité macrosismique estimée pour l'archipel
- ✓ Quelle est la valeur estimée pour la commune où habite l'élève ?

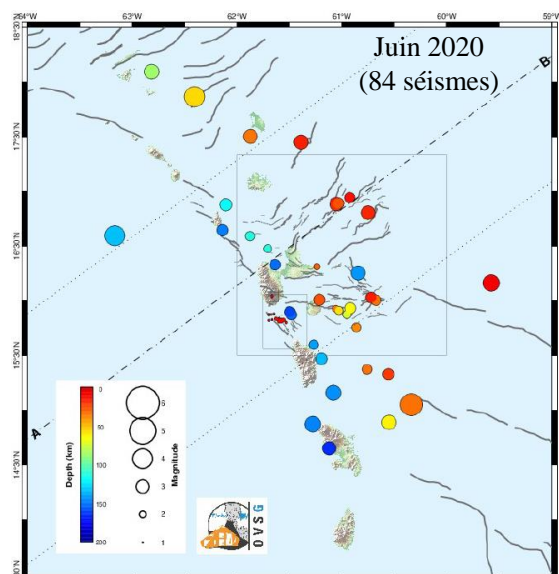
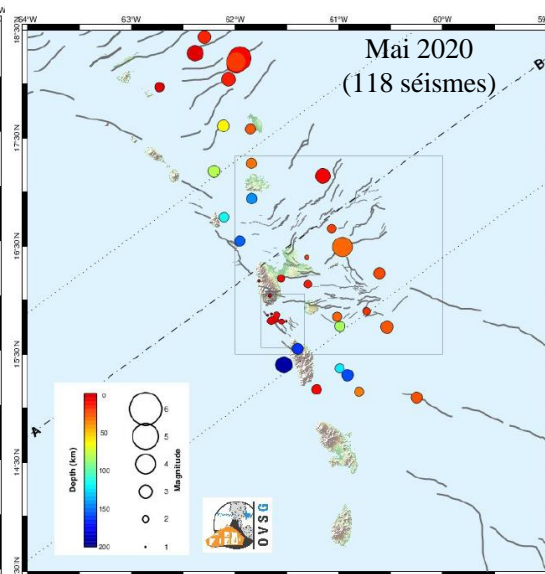
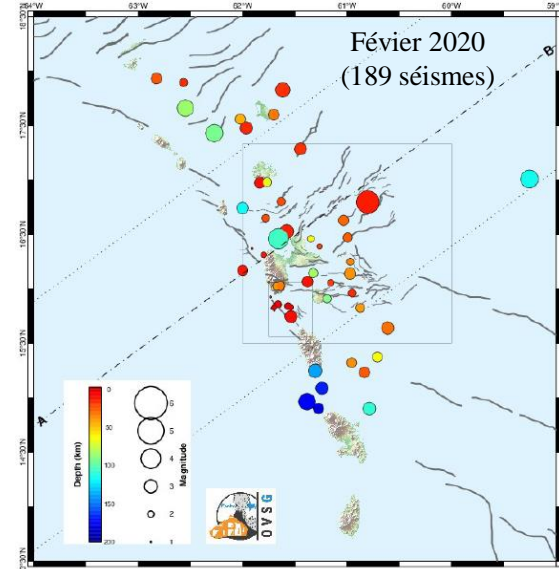
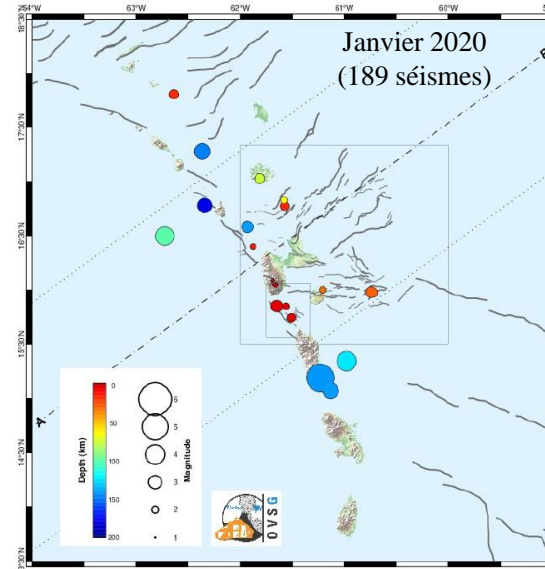
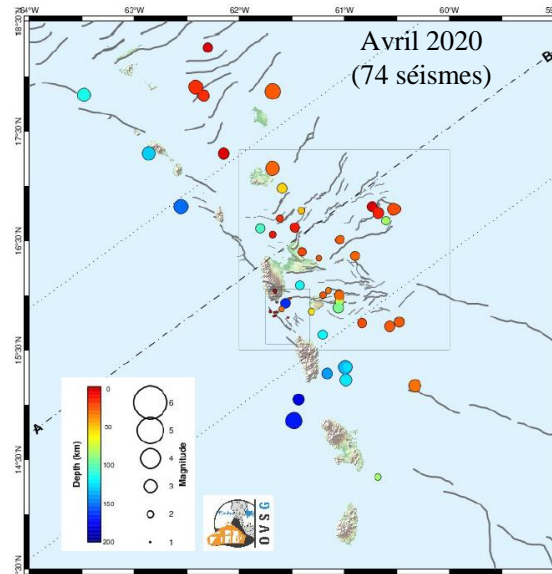
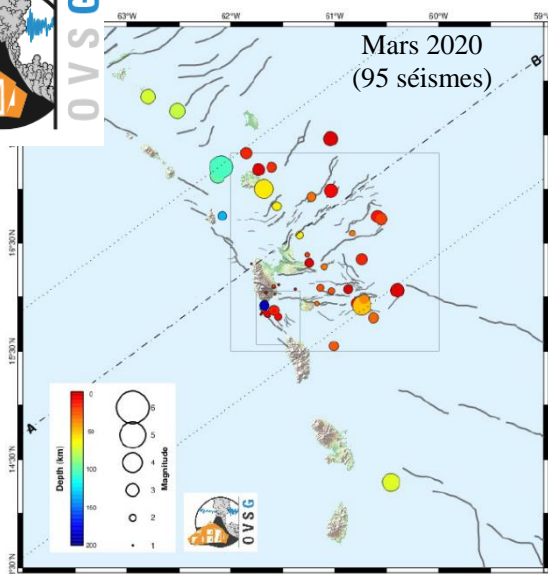
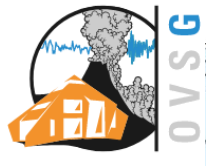




Un séisme est imprévisible. Rien ne peut l'empêcher, mais rien ne nous empêche de nous préparer à y faire face !

Des séismes se produisent mois après mois, mais toujours de façons différentes :

- ✓ Jamais au même moment;
- ✓ Jamais au même endroit;
- ✓ Des magnitudes variables ... des phénomènes COMPLEXES !



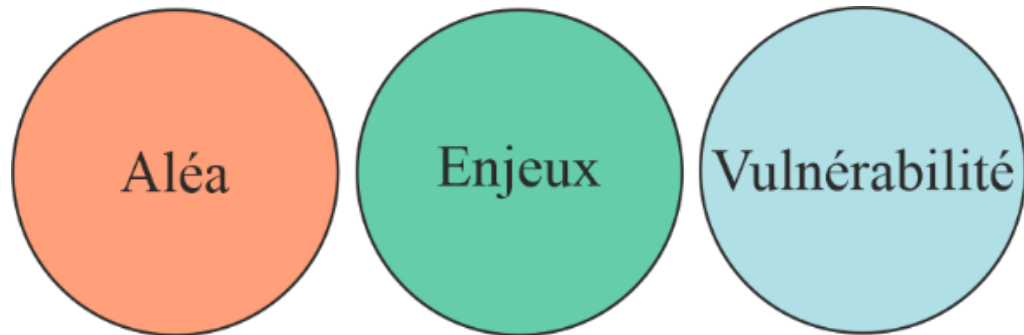


**Un séisme est imprévisible. Rien ne peut l'empêcher, mais rien ne nous empêche de nous préparer à y faire face !**

Des phénomènes COMPLEXES , mais dont on peut réduire l'impact par la prévention.

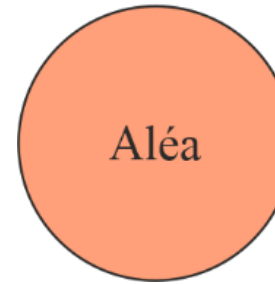
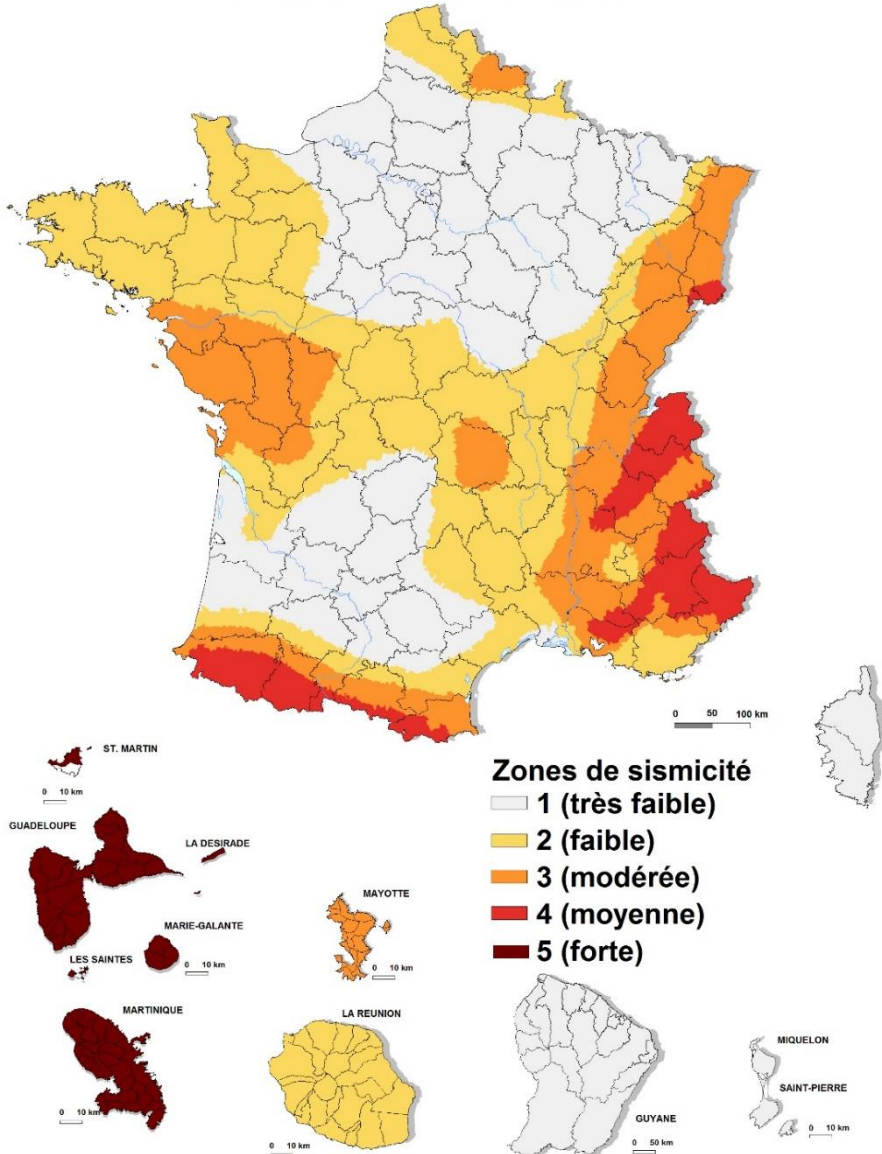
Le risque sismique, ça veut dire quoi au juste ?

- Le risque sismique est la prise en compte de la menace qu'un séisme fait peser sur les populations, les ouvrages et les équipements
- C'est la prise en compte de trois paramètres :
  - ✓ L'aléa
  - ✓ Les enjeux
  - ✓ La vulnérabilité des enjeux

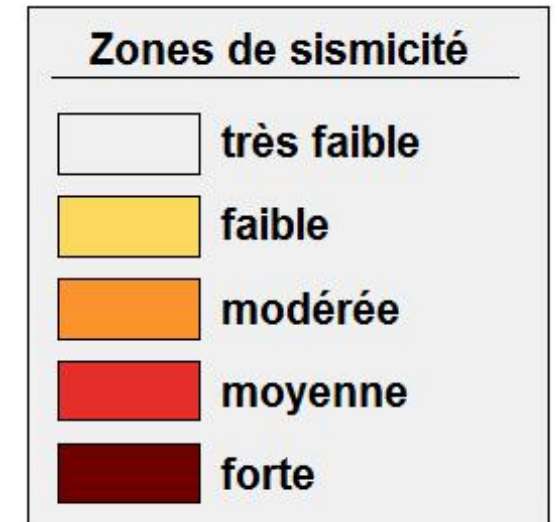
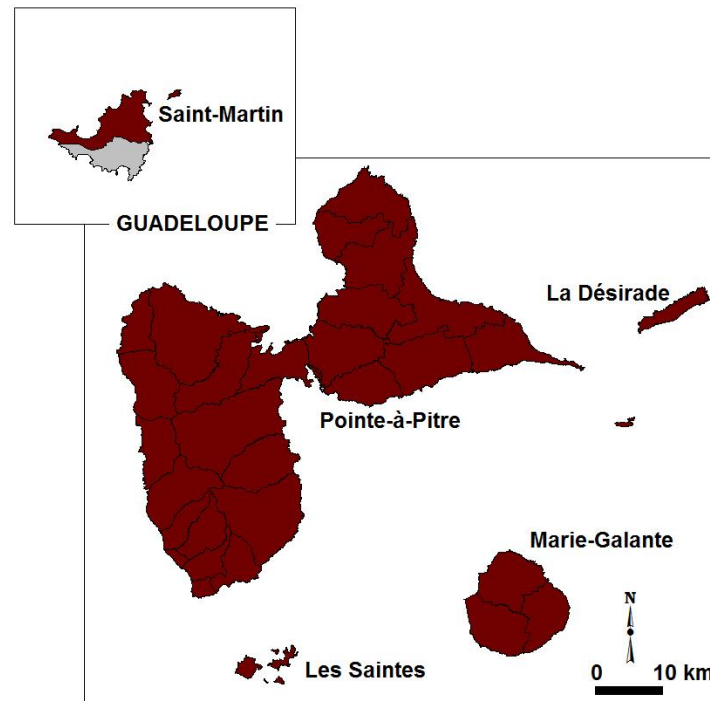




## Zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (art. D. 563-8-1 du code de l'environnement)



Aléa : évaluation de la probabilité qu'une secousse sismique d'une certaine magnitude frappe le territoire sur une période de temps donnée





Enjeux : éléments d'importance exposés à la secousses sismique  
(humains, économiques et environnementaux)

Enjeux

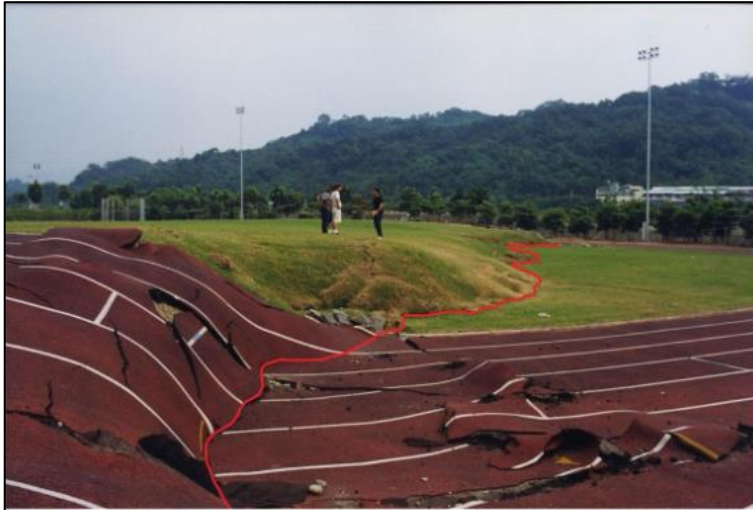




## Vulnérabilité : fragilité des enjeux exposés à la secousse sismique

Vulnérabilité

Taiwan, 1999



Taiwan, 2018



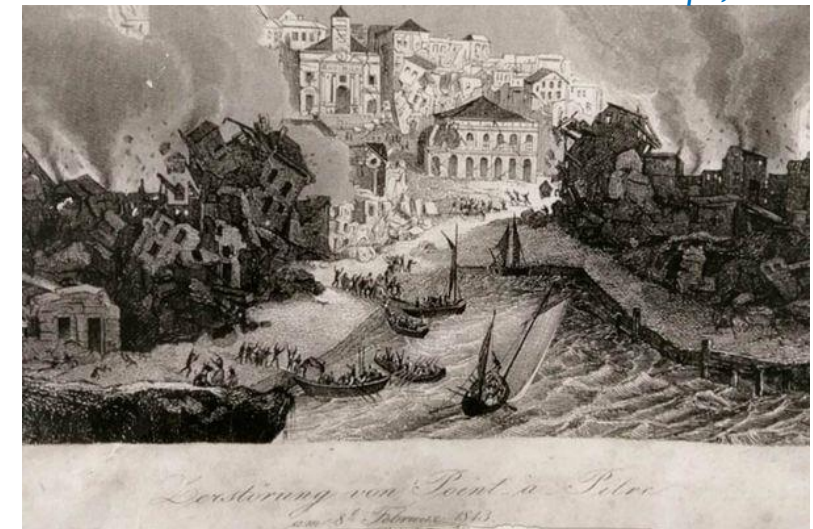
Haïti, 2010



Guadeloupe, 2004

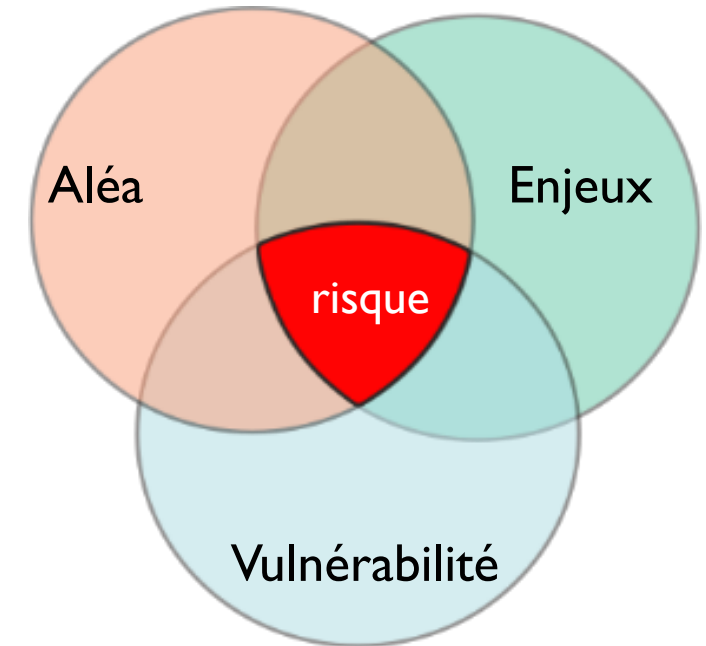
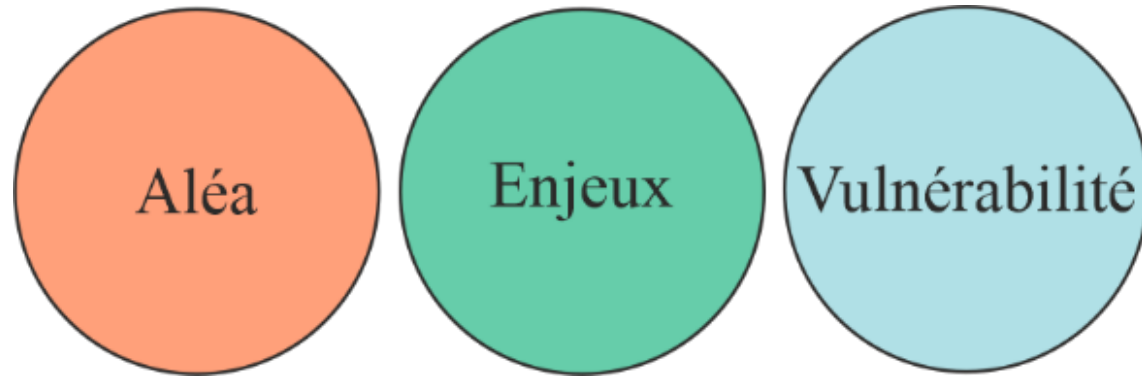


Guadeloupe, 1843





Evaluer le risque sismique, c'est prendre en compte différents paramètres



*Représentation arbitraire et simplifiée pour illustrer la confrontation de l'aléa, des enjeux et de leur vulnérabilité !*

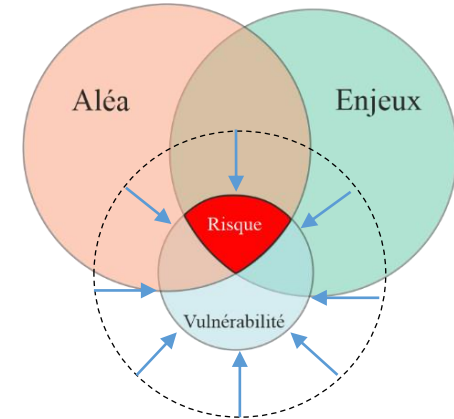
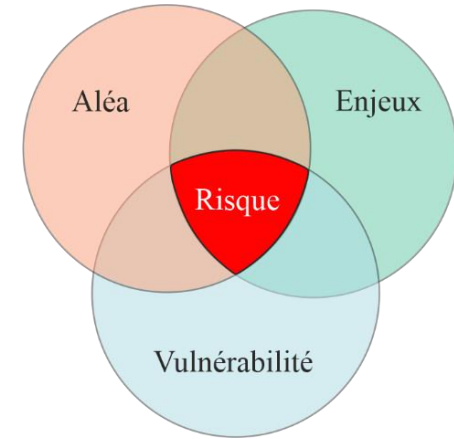
### Exemple d'activité :

- A partir du schéma, comment faire pour réduire la surface rouge du risque ?

Faire varier leur rayon !

Mais alors,

- Comment réduire le rayon du « cercle aléa » ? (un séisme est un phénomène complexe et totalement imprévisible, difficile de s'en éloigner ...)
- Comment réduire le rayon du « cercle enjeux » ? (éloigner les enjeux de la zone de l'aléa, mais difficilement envisageable et réalisable pour des territoires bien implantés)
- Comment réduire le rayon du « cercle vulnérabilité » ?



#### Un habitat vulnérable

Si la violence du séisme du 8 février est indiscutable et explique l'importance des dégâts constatés à la Guadeloupe, il n'en reste pas moins que la vulnérabilité du bâti semble avoir rendu cet événement encore plus dramatique.

C'est le constat qu'en tire Crozals, directeur des fortifications de Guadeloupe, à propos de Pointe-à-Pitre, de la Grande-Terre et de Marie-Galante : « *Ce désastre est dû principalement à la mauvaise construction des bâtiments... et à la mauvaise manière d'asseoir les fondations* ».

Historiquement, cette mauvaise construction était en partie due à la mauvaise fabrication du mortier composé de sable de mer mal lavé.



## Exemple d'activité ➤ Comment réduire le rayon du « cercle vulnérabilité » ?

Type de structure		Classe de vulnérabilité					
		A	B	C	D	E	F
MAÇONNERIE	Moellon brut, pierre tout venant	○					
	Brique crue (adobe)	○—					
	Pierre brute	○					
	Pierre massive	○—					
	Non renforcée, avec des éléments préfabriques	○					
	Non renforcée, avec des planchers en béton armé	○—					
	Renforcée ou chaînée	○—					
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique (CPS)	○					
	Ossature avec un niveau moyen de CPS	○—					
	Ossature avec un bon niveau de CPS	○—					
	Murs sans CPS	○					
	Murs avec un niveau moyen de CPS	○—					
	Murs avec un bon niveau de CPS	○—					
ACIER	Structures en charpente métallique						
BOIS	Structures en bois de charpente						

○ Classe de vulnérabilité la plus probable; — Intervalle probable;  
 ..... Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnels

Type de structure	Niveau de vulnérabilité				
	5	4	3	2	1
briques / moellon	√				
pierre brutes		√			
pierres massives			√		
murs porteurs				√	
murs porteurs + armatures parasismique					√
charpente métallique					√
chaprente en bois				√	

Classer ces constructions en fonction de leur vulnérabilité croissante :

Maçonnerie en pierre brute  
charpente en bois
6

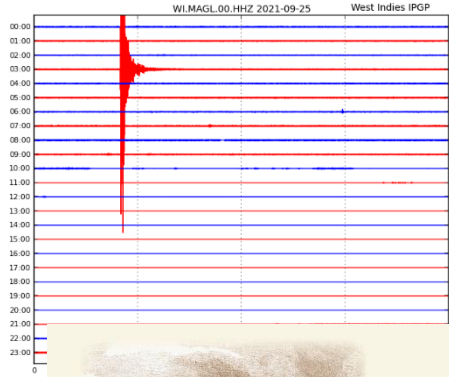
Maçonnerie en pierre massives  
charpente en bois
5

Maçonnerie en brique  
charpente en bois
7

Mur porteur + armature parasismique  
charpente en bois
3

Mur porteur + armature parasismique  
charpente métallique
2

### Le territoire Guadeloupéen est un territoire sismique



Séisme  
du 8 février 1843  
à la Guadeloupe

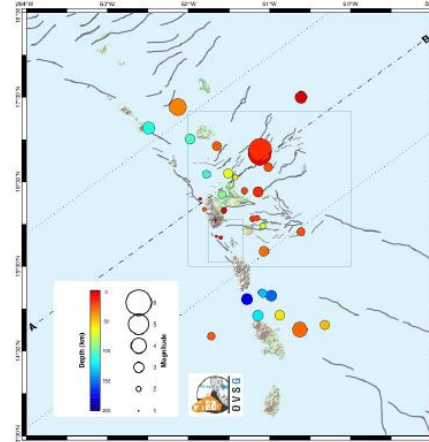
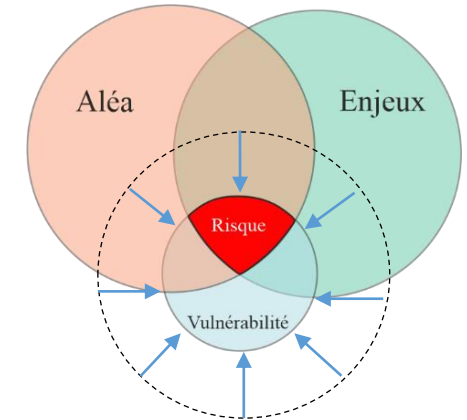
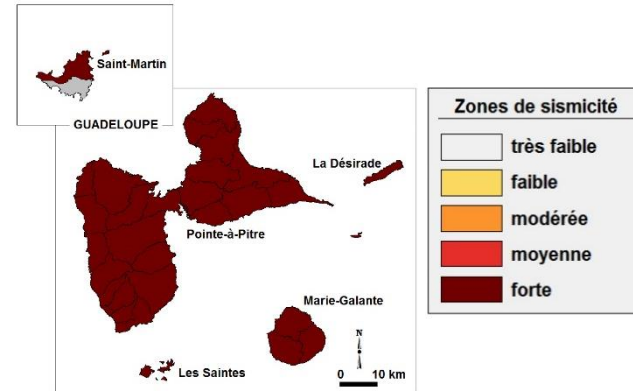


Figure 7. Carte des épicentres du mois de septembre 2021 correspondant aux séismes enregistrés et localisés par l'OVSG-IPGP autour de la Guadeloupe. Traits noirs = failles principales connues (d'après Feuillet et al. 2000).



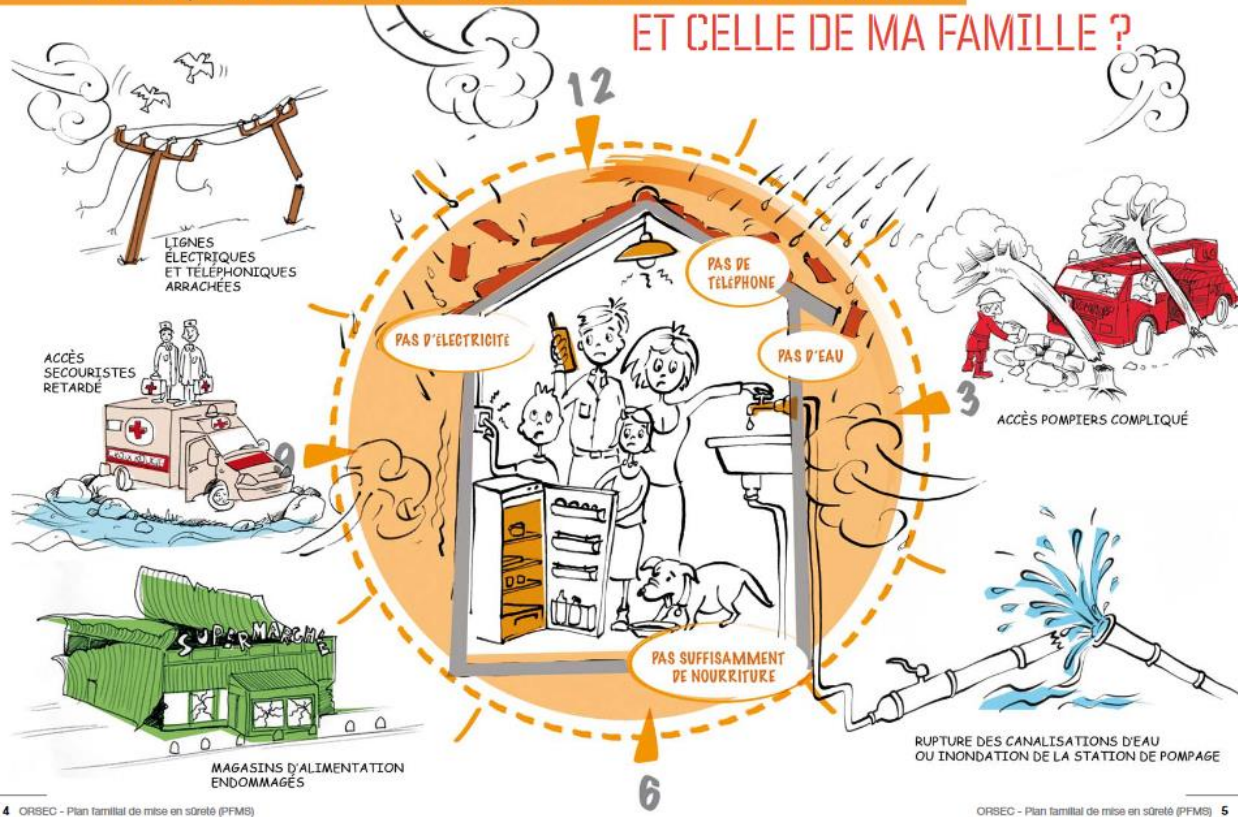
Pour réduire le risque, il faut agir sur la prévention. Cela se fait à différents niveaux :

- Identifier les enjeux et leur vulnérabilité
- Choix des matériaux de constructions
- Adapter les procédures de constructions
- Et sensibiliser les populations !!

## Sensibilisation des population au risque sismique

### PLAN FAMILIAL DE MISE EN SURETE (PFMS)

#### POURQUOI DOIS-JE ASSURER MON AUTONOMIE ET CELLE DE MA FAMILLE ?



4 ORSEC - Plan familial de mise en sûreté (PFMS)

ORSEC - Plan familial de mise en sûreté (PFMS) 5

#### LE RISQUE SISMIQUE : CONSIGNES

Le séisme se déclenche sans signe précurseur. Il est donc important de bien connaître les "bons réflexes" de sauvegarde si une secousse survient.

#### Mesures individuelles de réduction de la vulnérabilité au séisme

- Appliquer les principes de construction parasismique
- Effectuer un diagnostic sommaire pour les bâtiments et infrastructures existants
- Après ce diagnostic, il peut être procédé à un renforcement parasismique (consolidation des structures).
- Déterminer le mode de construction (maçonnerie en pierre, béton, ...)
- Examiner la conception de la structure
- Réunir le maximum de données relatives au sol et au site



MEDDE

#### AVANT > Informez-vous

- Construisez en tenant compte des règles parasismiques
- Repérez les points de coupure de gaz, eau et électricité
- Fixez les appareils et les meubles lourds
- Repérez un endroit pour se mettre à l'abri

#### PENDANT > Agissez

##### A l'intérieur :

- Mettez vous près d'un mur, une colonne porteuse ou sous des meubles solides (afin d'éviter les chutes d'objets),
- Éloignez vous des fenêtres

##### A l'extérieur :

- Ne restez pas sous des fils électriques ou sous ce qui risque de s'effondrer (ponts, corniches, toitures, ...)

##### En voiture :

- Arrêtez vous si possible à distance des constructions ou de lignes électriques et ne descendez pas avant la fin des secousses
- Protégez-vous la tête avec les bras
- N'allumez pas de flamme



#### APRÈS

Méfiez-vous des répliques : Il peut y avoir d'autres secousses

- Ne prenez pas les ascenseurs pour quitter un immeuble
- Vérifiez le gaz, l'eau et l'électricité. En cas de fuite, ouvrez les fenêtres et les portes, quittez les lieux et prévenez les autorités
- Dirigez vous vers un endroit éloigné des bâtiments et des fils électriques
- Éloignez vous des zones côtières, même longtemps après la fin des secousses, en raison d'éventuels raz-de-marée (tsunamis)
- Si vous êtes bloqués sous des décombres, gardez votre calme et signalez votre présence en frappant sur un objet (si possible métallique) à votre portée.





## Sensibilisation des population au risque sismique

### Communications grand public



<https://www.youtube.com/watch?v=DspBQufKy8o>

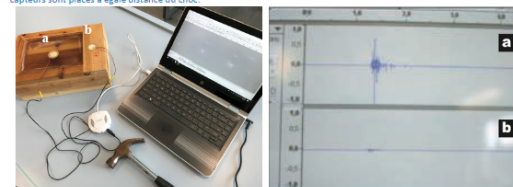


## Un manuel centré sur le phénomène sismique au travers de l'enseignement : notions fondamentales, données éducatives, de recherche, expérimentation, numérique et capteurs connectés , base de données en ligne ...



### Partie MANIP

Le capteur piézo est fixé dans la gelée (ou cire de bougie, ou sable mouillé). Le capteur doit bien adhérer au support. L'autre capteur est fixé sur le bois. Les enregistrements obtenus (avec Audacity) montrent un effet de site d'autant plus que les deux capteurs sont placés à égale distance du choc.

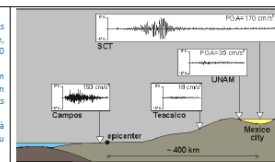


On peut mettre en évidence une amplification en durée et en amplitude du signal sur la gelée. Ces résultats sont cohérents avec les études de cas (séisme de Mexico en 1985, ou Bordighera en 2019).

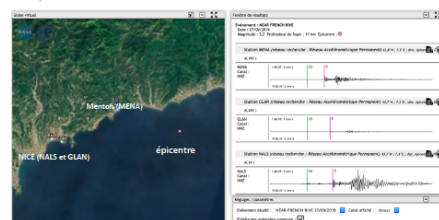
### Partie DATA

Séisme de Mexico (19 septembre 1985).

Le séisme de Michoacan ne causa que des dégâts modérés près de son épicentre sur le littoral Pacifique, mais provoqua de sérieux dommages à Mexico city à 400 kilomètres de là. Ce constat donne à penser que la géologie du substratum de la ville a joué un rôle important dans l'amplification des effets du séisme. La ville est bâtie sur d'anciens lacs et marécages asséchés. L'accélération maximale du sol (PGA) est égale à l'accélération maximale du sol qui s'est produite lors du tremblement de terre à un endroit donné.



Un séisme au large de Bordighera (Ligurie) enregistré sur deux stations à Nice. NALS : parc Alsace Lorraine au centre ville, et GLAN : grotte du lazaret au Mont Boron. La lecture des sismogrammes (avec Tectoglob3D) des stations situées à une distance épicentrale similaire montre un incontestable effet de site qui ne peut s'expliquer que par la nature du sous-sol (alluvial au centre-ville de Nice et karstique au Mont Boron). Tectoglob3D permet d'afficher la carte géologique sur la ville de Nice (Données affichées > cartes).



Séisme du 27/09/2019 (au large de Bordighera, M=3,2) sont disponibles sur EduMed-Obs  
Source : Réseau accélérométrique Permanent



### ACT. BATIMENT

A l'issue de chaque séisme important, le spectacle est le même avec son lot de maisons effondrées. On va proposer aux élèves de réfléchir sur la vulnérabilité des bâtiments face au séisme. Des maquettes pourront servir de test aux différentes observations.

**Mots-clés :** vulnérabilité, construction para-sismique, résonance, fréquence, période

### Partie MANIP

Lors du terrible tremblement de terre de Mexico en 1985 (page précédente), la plupart des dommages se sont produits sur les édifices élevés, ayant une période propre de deux secondes.

Les élèves sont invités à réaliser une maquette modélisant des édifices de tailles différentes et à observer comment se comportent les modèles lors d'une secousse. Ils abordent ainsi la notion de résonance et de fréquence propre des bâtiments.

Les bâtiments peuvent être réalisés par des tiges filetées (ou en bois, en PVC) fixées sur un support. On peut aussi réaliser des bâtiments de hauteurs différentes.

Une fois les modèles de bâtiments construits, on exerce des secousses de fréquence variée (à la main ou à l'aide d'un dispositif motorisé).

On constate rapidement que plus un bâtiment est haut, plus il réagit à des vibrations de basse fréquence. En utilisant une table vibrante, on peut mieux maîtriser quantitativement les vibrations imposées au dispositif.

### Compléments :

À l'aide de renforts, les élèves sont invités à rendre la construction moins vulnérable. Plusieurs solutions techniques sont possibles (renforcement du bâti ancien).

On peut aussi proposer de calculer la fréquence de résonance d'un bâtiment de l'école et prévoir la fréquence du séisme qui pourrait l'affecter. Montrer que la taille n'est pas le seul paramètre à prendre en compte.

### Partie DATA

On télécharge des sismogrammes de séismes régionaux et de télé-séismes depuis le centre de données EduMed-Obs. L'étude des sismogrammes se fait avec Seisgram2K qui dispose d'outils tels que le zoom, le filtre en fréquence et l'outil spectrogramme.

On peut mettre en évidence le contenu fréquentiel des sismogrammes : en utilisant l'outil 'spectrogramme' de Seisgram2K, il est possible de faire le lien entre vulnérabilité et fréquence des vibrations du sol dues au passage des ondes sismiques.

Une étude de cas intéressante peut être proposée avec l'enregistrement de différents étages d'un même bâtiment.

Par exemple, le séisme du 7 avril 2014 à Jausiers a été enregistré dans le bâtiment dans la plaine du Var à Nice.

Cet immeuble est équipé de capteurs accélérométriques à différents étages. On peut montrer, pour chaque étage, des différences notables notamment sur la fréquence de mouvement du bâtiment à différents étages.

### Compléments :

Les données de cette étude de cas sont accessibles sur le centre de données EduMed-Obs exploitables avec Tectoglob3D.

## Financé par



La Direction  
départementale des  
territoires  
et de la mer  
des Alpes-Maritimes