

# Réduction des risques, des géosciences à une approche plus intégrée

Gilles Grandjean [g.grandjean@brgm.fr](mailto:g.grandjean@brgm.fr)

## L'évaluation des risques, une science qui évolue

1935

Plans de surfaces submersibles (**PSS**) : risque d'inondation

1975

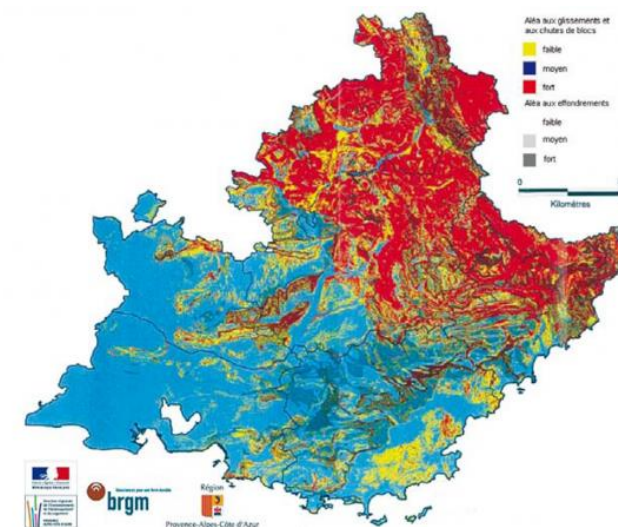
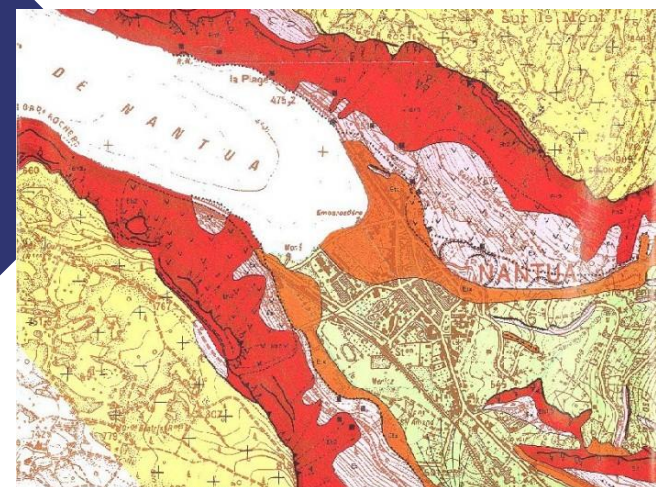
**Cartes ZERMOS** : Zones Exposées à des Risques liés aux Mouvements du Sol et du sous-sol, élaborés à l'échelle 1/1000 par le BRGM

1982

Plans d'Exposition aux Risques Naturels prévisibles (**PER**), intégrés au Plan Local d'Urbanisme (PLU), pour fixer des mesures de prévention pour les risques d'inondation, de mouvements de terrain, d'avalanches et de séismes.

1995

Plans de Prévention des Risques Naturels prévisibles (**PPRN**) intégrés à la loi Barnier pour unifier et renforcer le dispositif



## Une bibliographie solide depuis 10 Ans...

### Prédominance de certains contextes :

- Inondations, y/c côtières
- Zones à forte sismicité
- Aléas gravitaires

### Méthodologies les plus utilisées :

- Statistiques, IA
- SIG

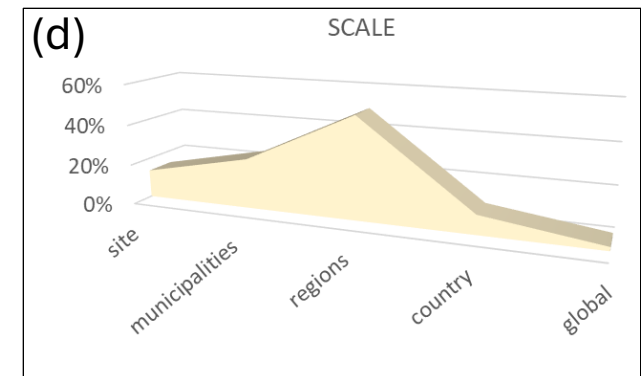
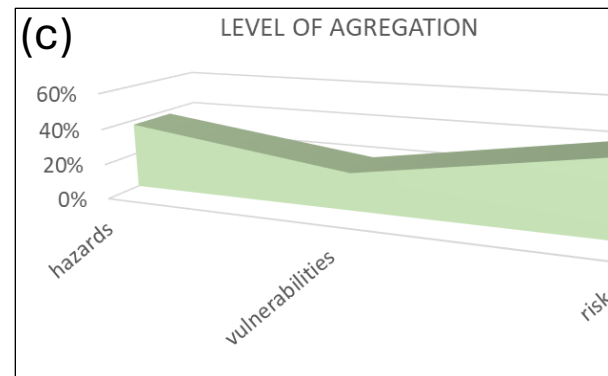
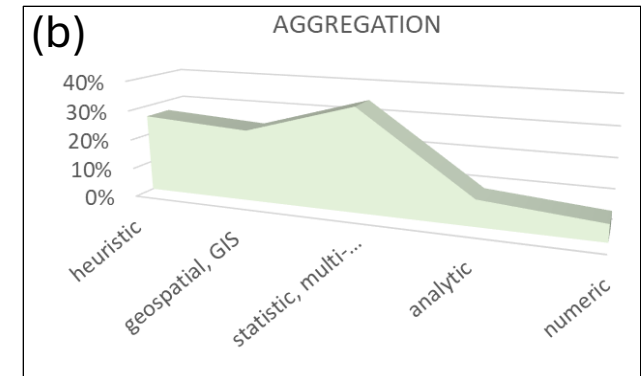
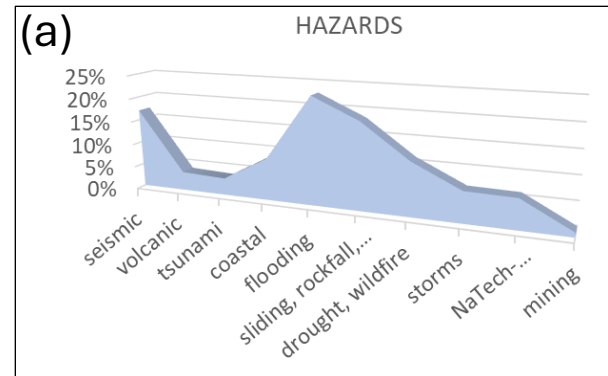
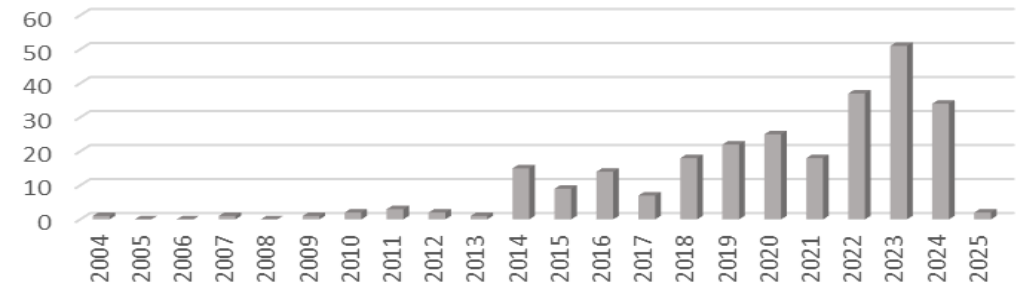
### Niveau d'agrégation :

- Risques

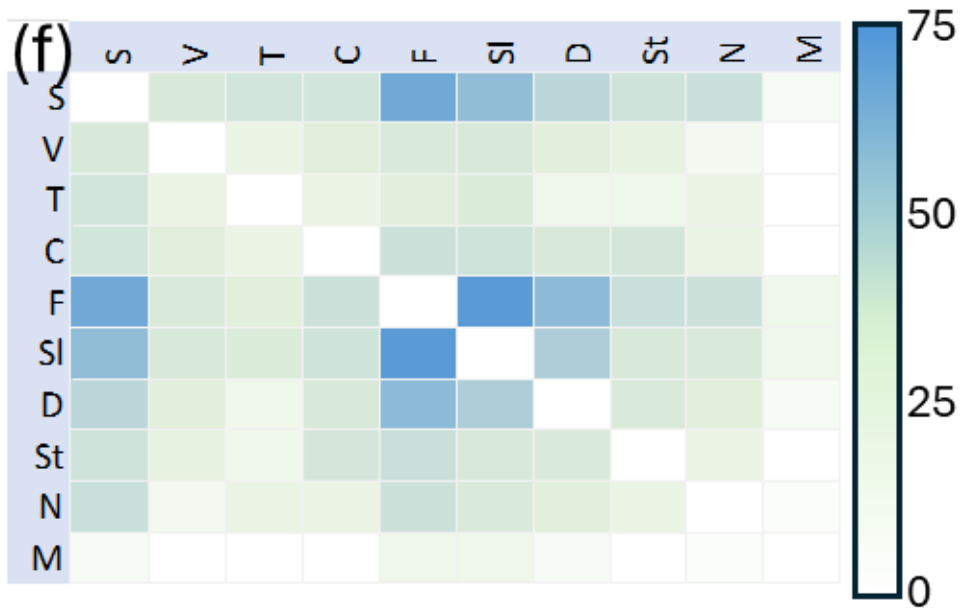
### Echelle d'étude :

- Régionale

Annual distribution of references



## ... avec des traitements multi-aléa/risques clairs

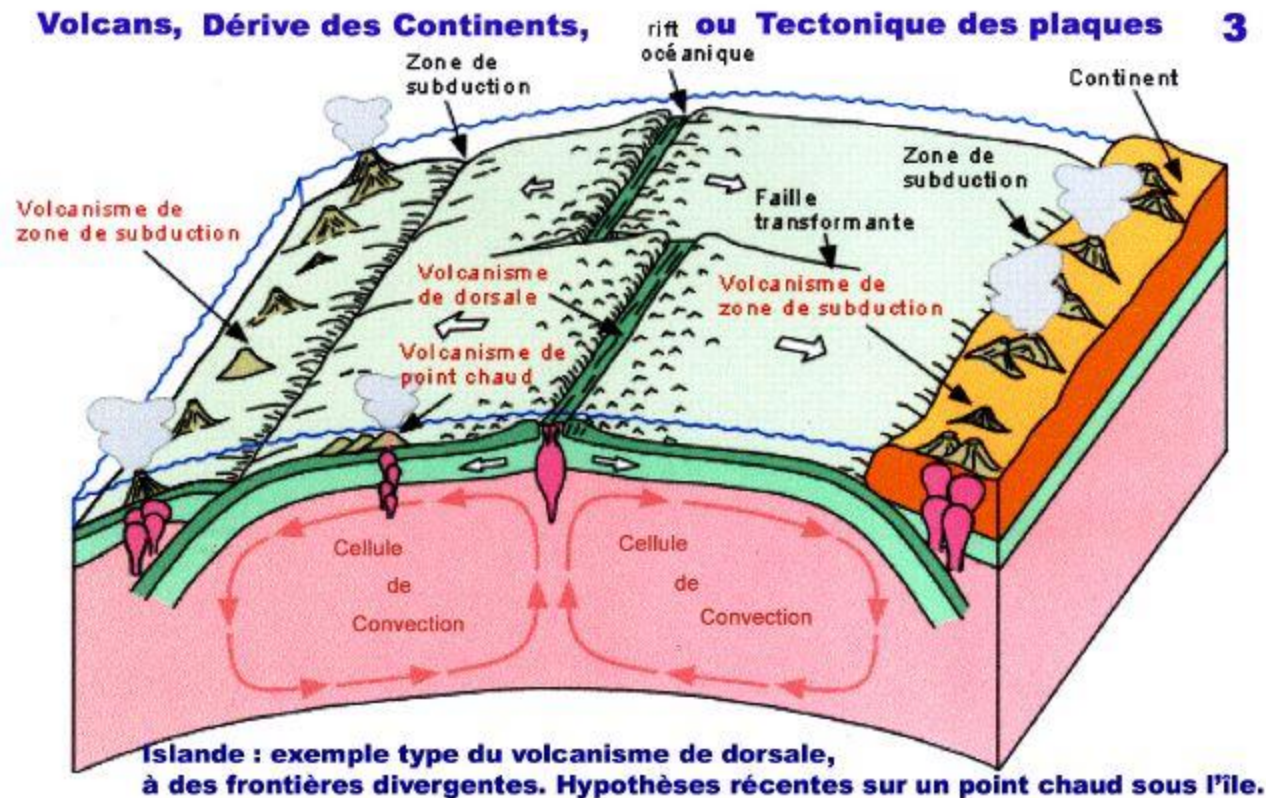


### Prédominance de certains contextes :

- Inondations + mouvements de terrain  
→ zones montagneuses tropicales/tempérées
- Séismes + mouvements de terrain  
→ zones tropicales d'archipels
- Sècheresse + mouvements de terrain  
→ zones urbaines pavillonnaires
- Séisme & inondations  
→ Systèmes industriels

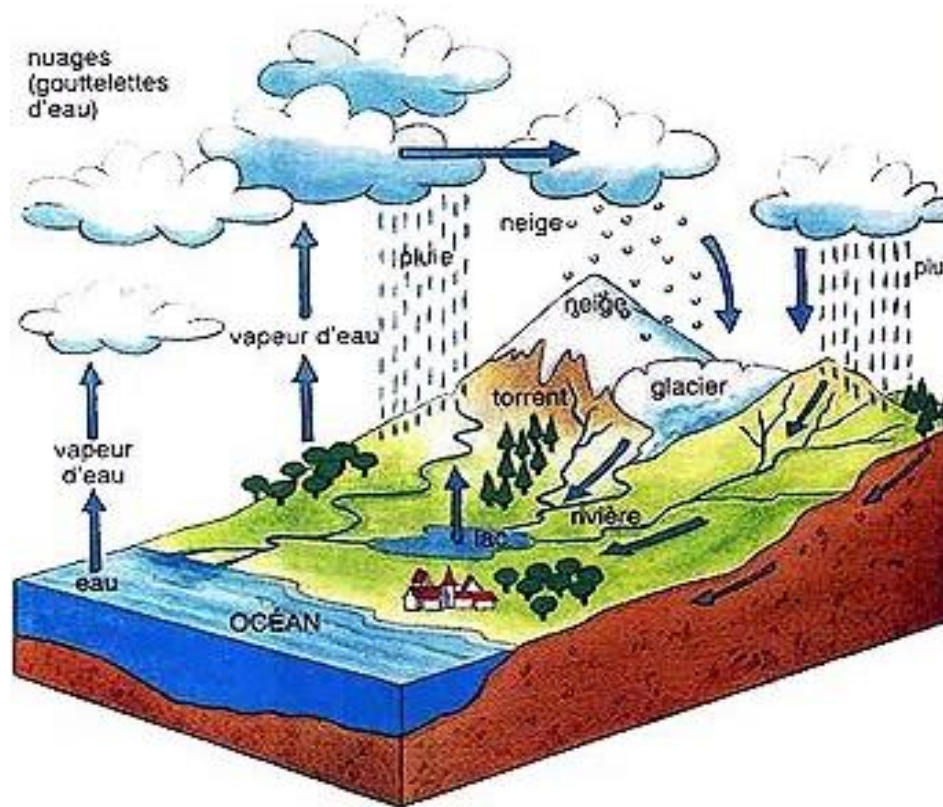
# Origine des catastrophes naturelles

- Le système Terre est un système dynamique (1)
  - Moteur tectonique interne



# Origine des catastrophes naturelles

- Le système Terre est un système dynamique (2)
  - Moteur climatique externe

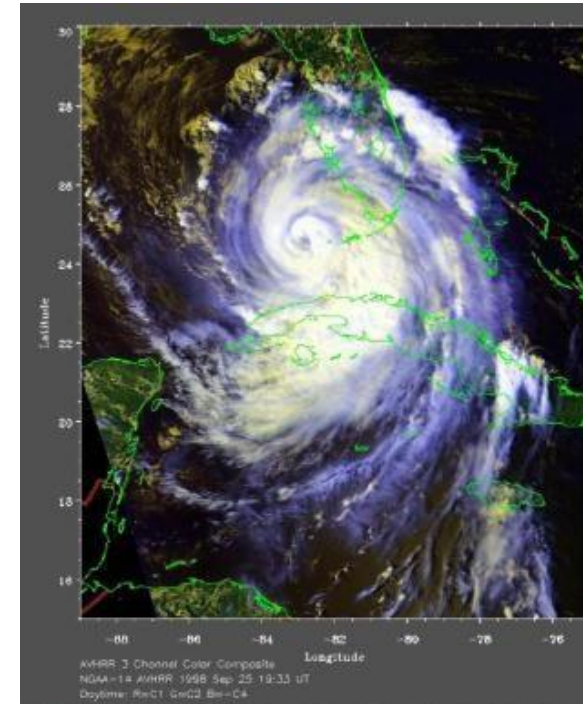
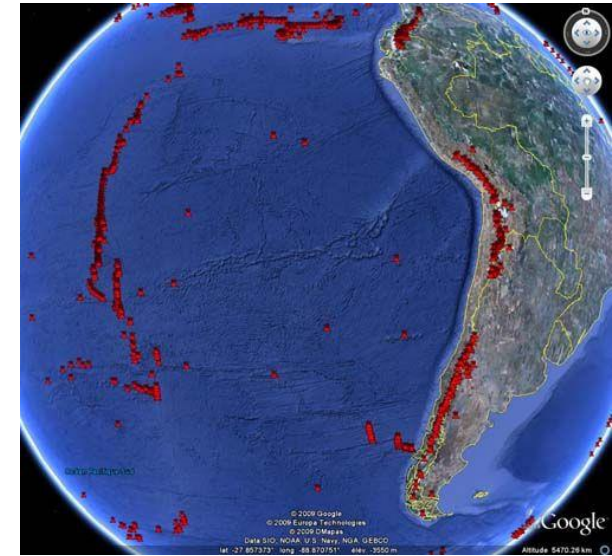


Et le changement climatique dans tout ça???

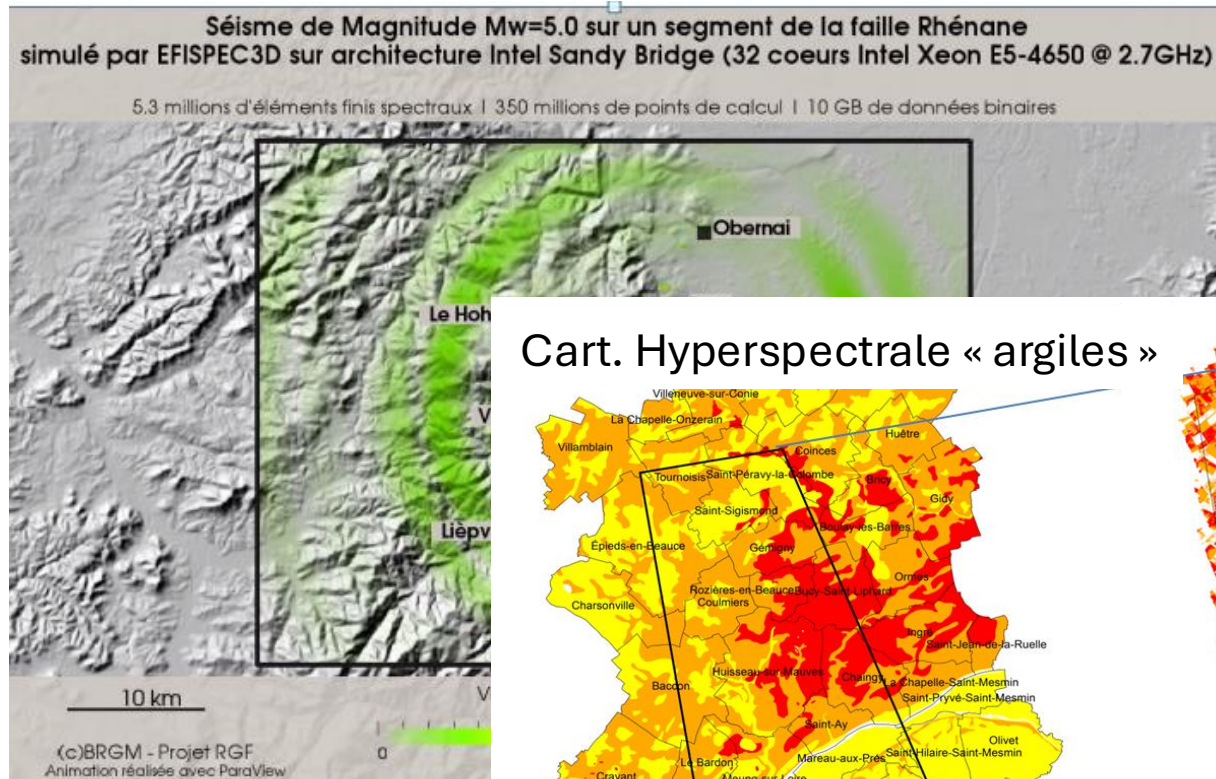


# Challenge #1: apport des géosciences

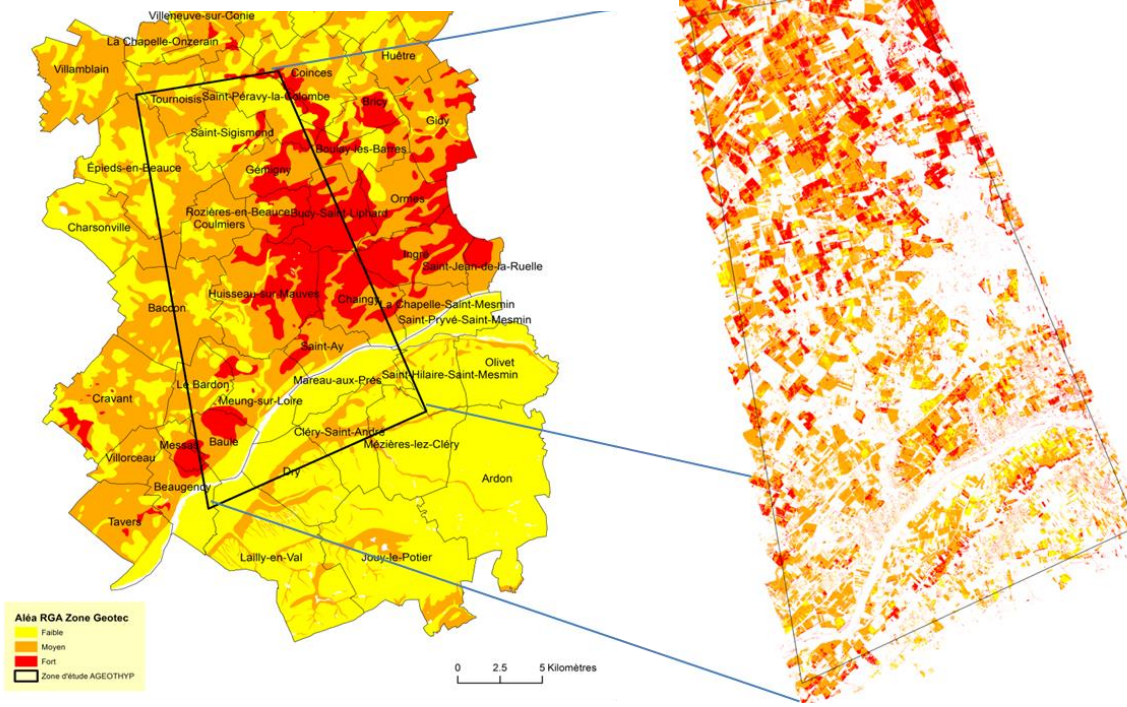
- Comprendre le système Terre
- Evaluer les mécanismes telluriques
- Evaluer les forçages climatiques et leur évolutions futures



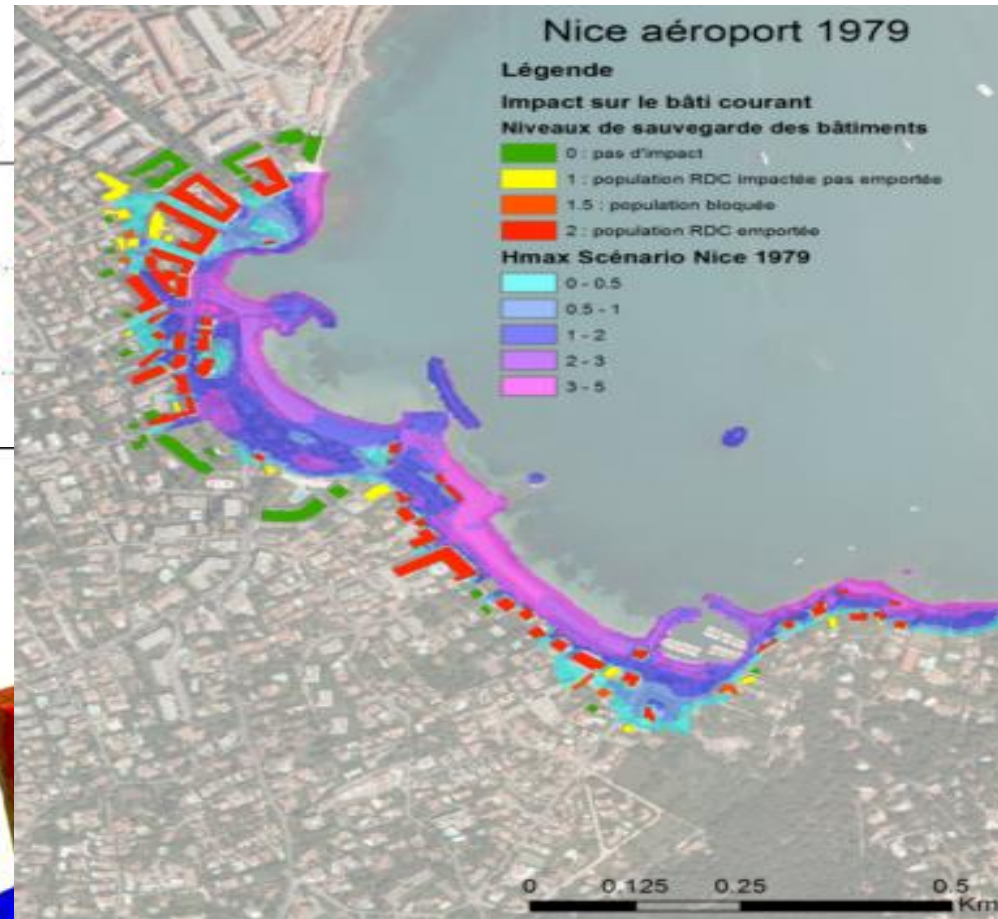
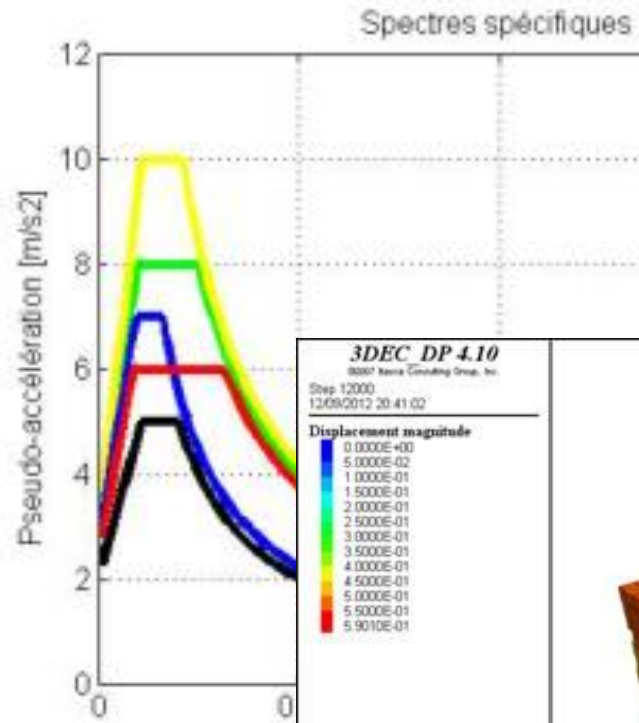
# Evaluation de l'aléa...



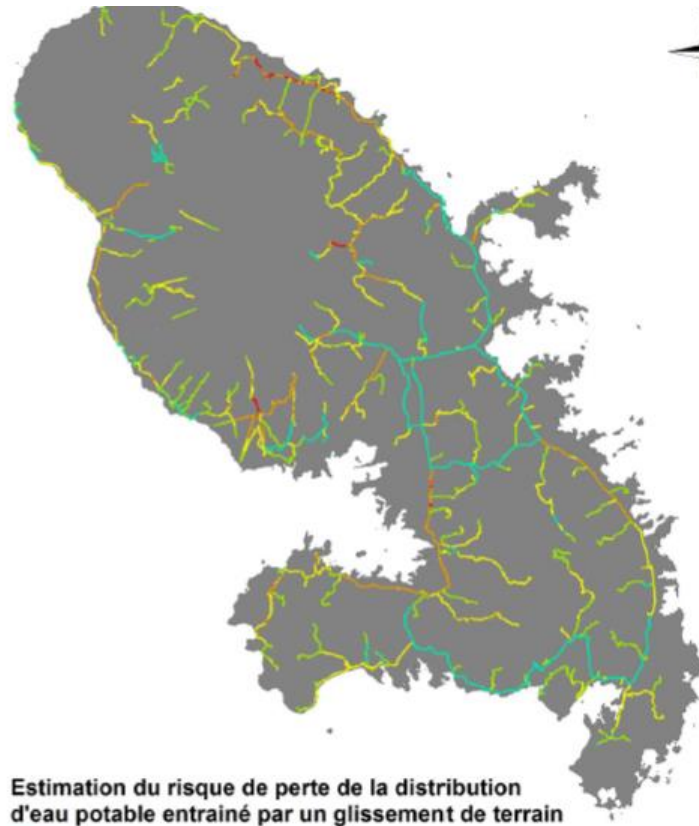
## Cart. Hyperspectrale « argiles »



# ...de la vulnérabilité...



# ... et du risque



- Très faible
- Faible
- Moyen
- Fort
- Très fort



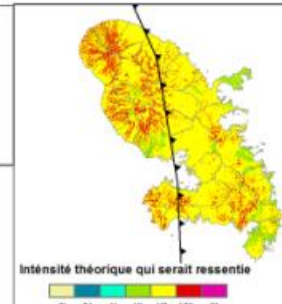
## Cartographie départementale du risque sismique de la Martinique

Scénario 1. Séisme de subduction profond.  
Mw 7.5, prof 150 km

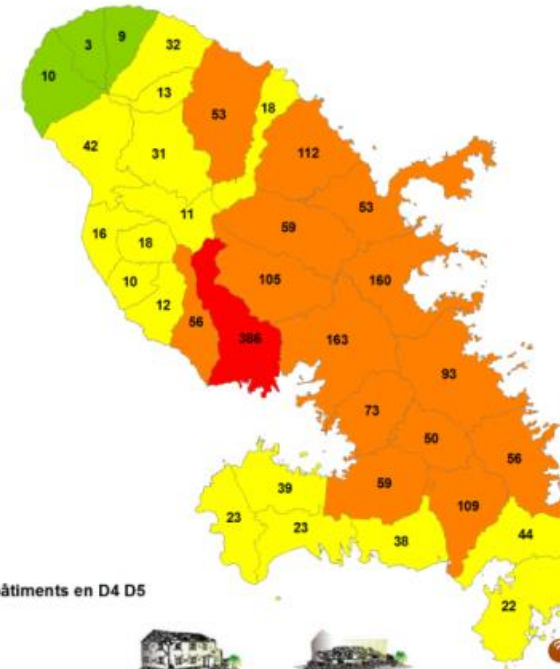
Enjeux : bâti à usage d'habitation

Endommagement en nombre et pourcentage de bâtiments par niveau de dommage sur l'ensemble de la Martinique

D0	D1	D2	D3	D4D5
39.7%	32.8%	18.9%	7.1%	1.5%
52193	43152	24894	9308	2007



Repartition du nombre de bâtiments en D4D5 par commune



Scénario 1

Nombre de bâtiments en D4 D5

- < 10
- 10 - 50
- 50 - 200
- > 200



D4

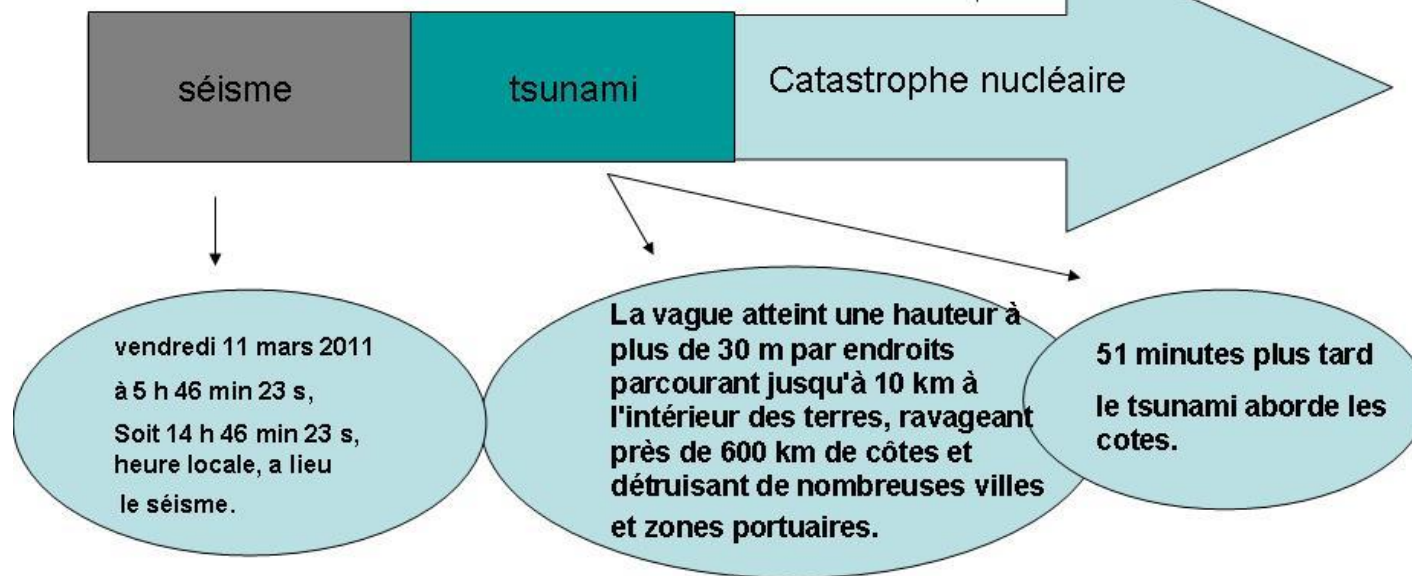
D5

Restitution Armagedom (c) BRGM

# Jusqu'au risque « NaTech » (Fukushima, 2011)

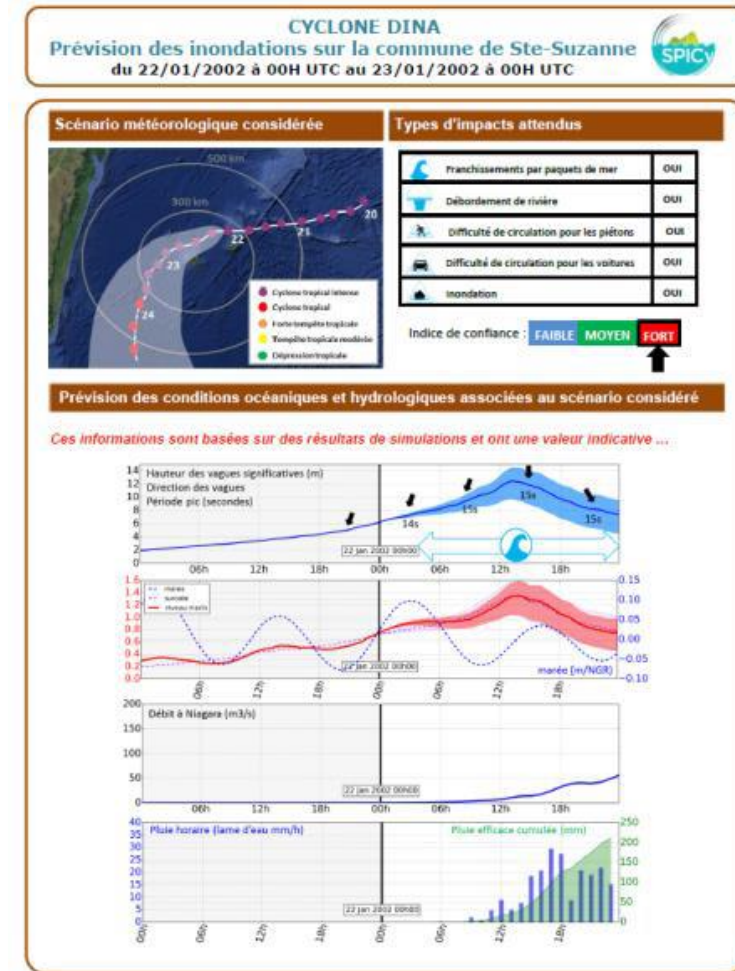


Catastrophe de Fukushima



# Challenge #2: apport des sciences de l'ingénieur

- Traduire les processus terrestres en aléas si possible probabilistes
- Evaluer les impacts de ces processus sur les socio-eco-systèmes
- Communiquer et appuyer les politiques publiques

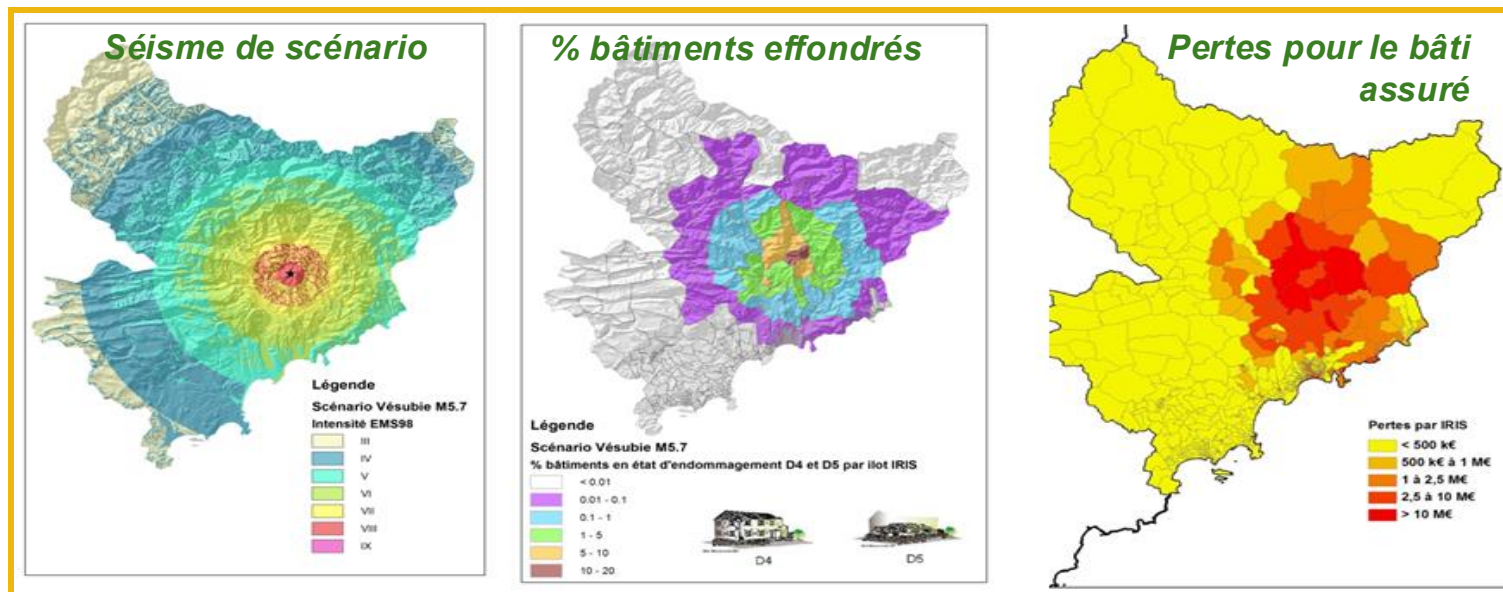
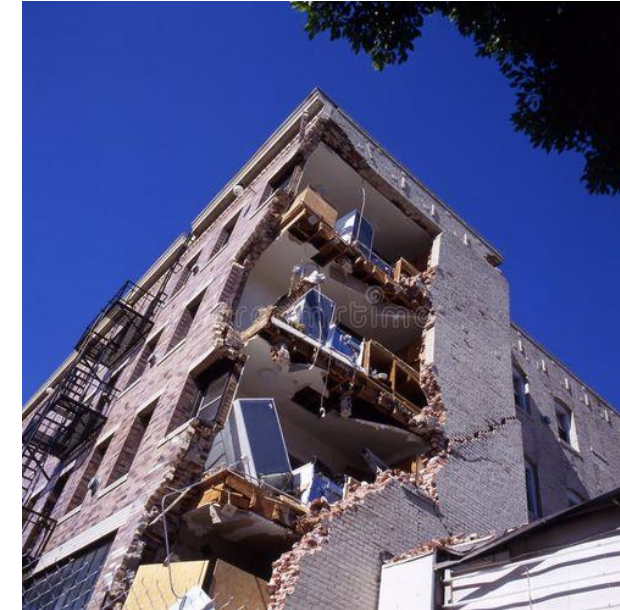
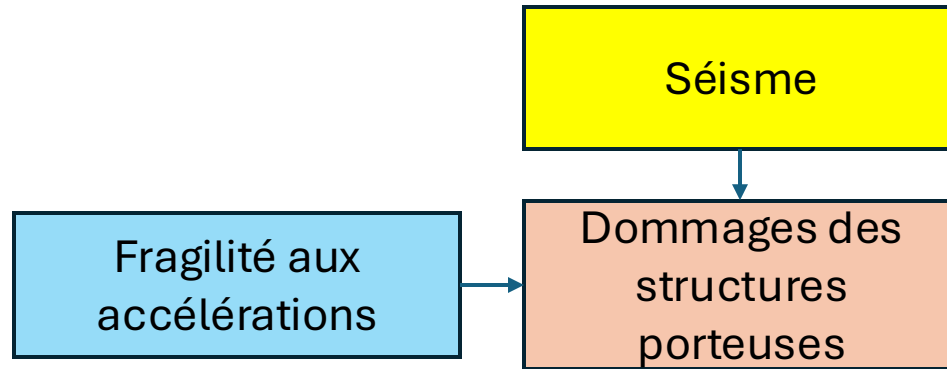


# Les tissus socio-economiques et la planète Terre : 2 systèmes en interaction complexe... .. qui génèrent des effets complexes !



# Le multi-risque, oui mais comment ?

## 1 – mono-aléa

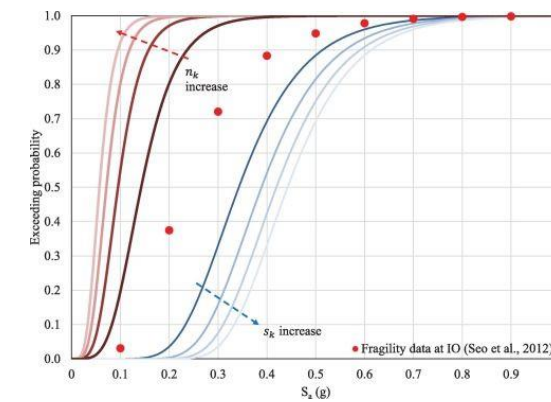
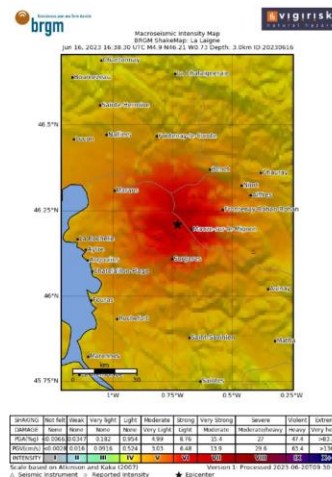
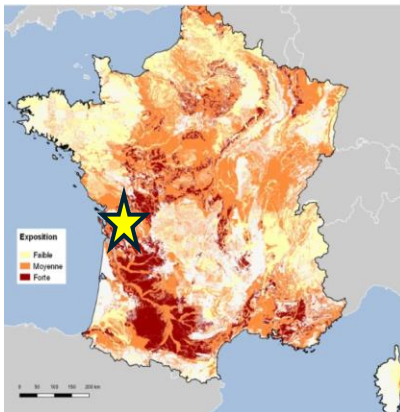
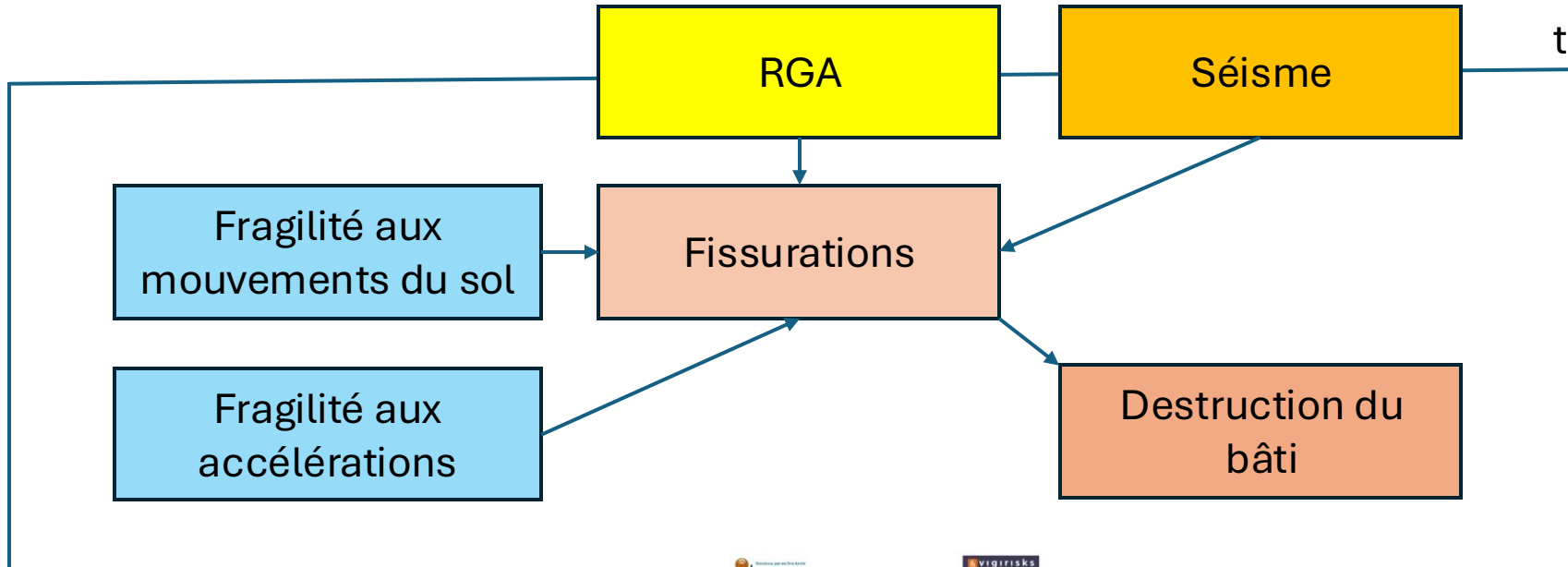


# Le multi-risque, oui mais comment ?

## 2-multi-aléa avec concomitance spatiale



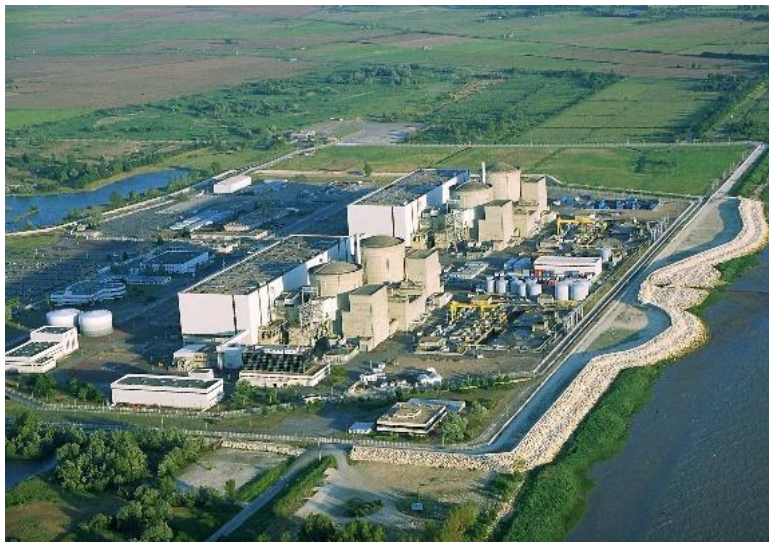
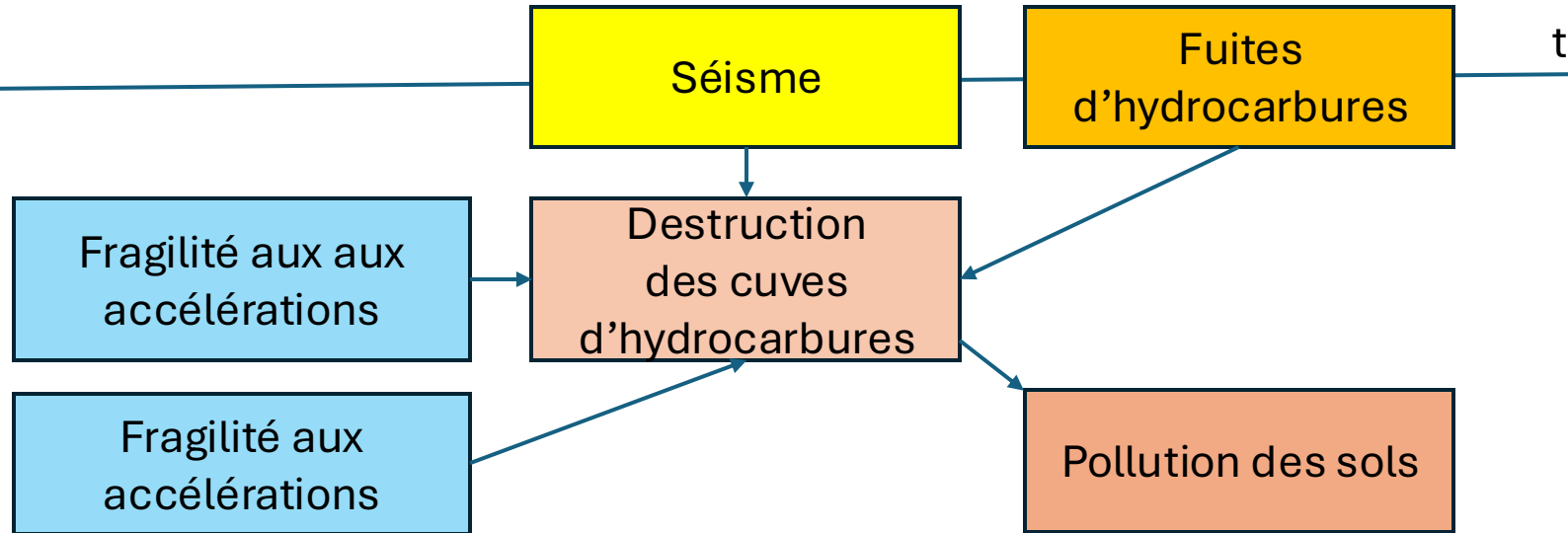
Classes de dommage



# Le multi-risque, oui mais comment ?

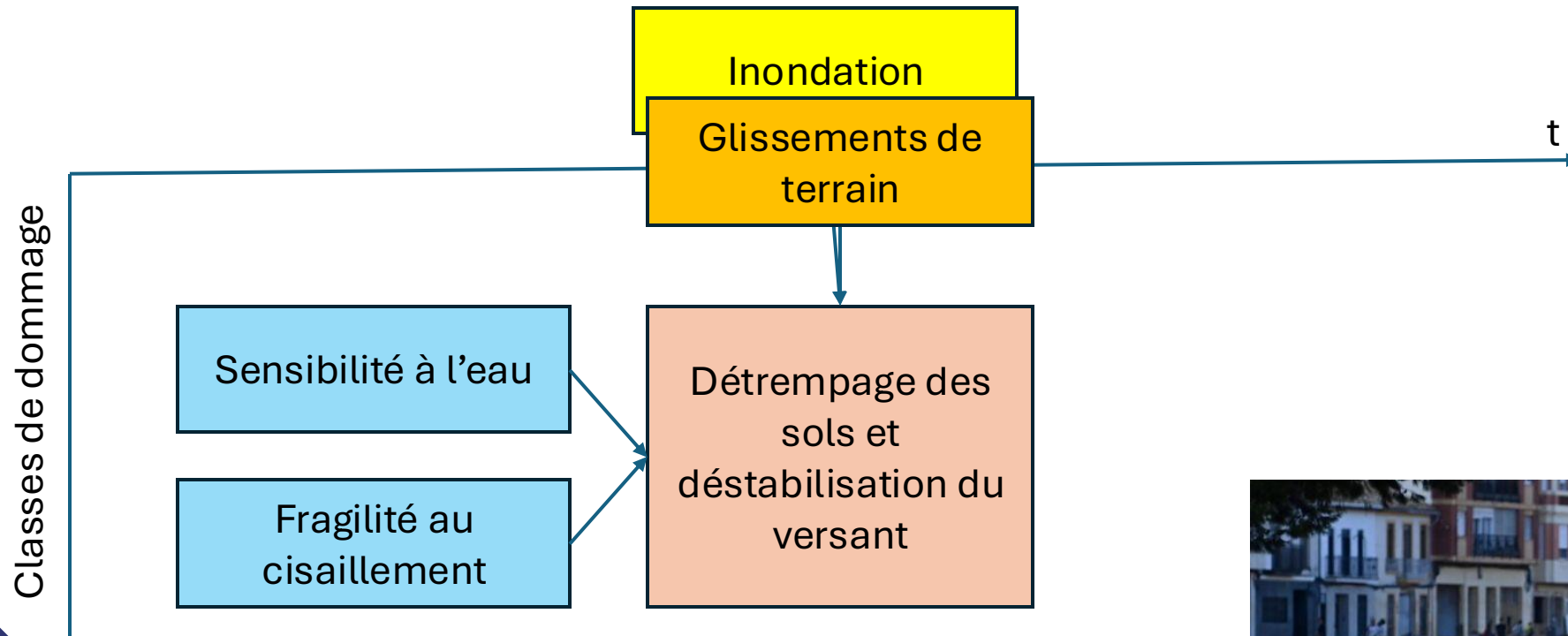
## 2-multi-aléa avec concomitance spatiale 2

Classes de dommage



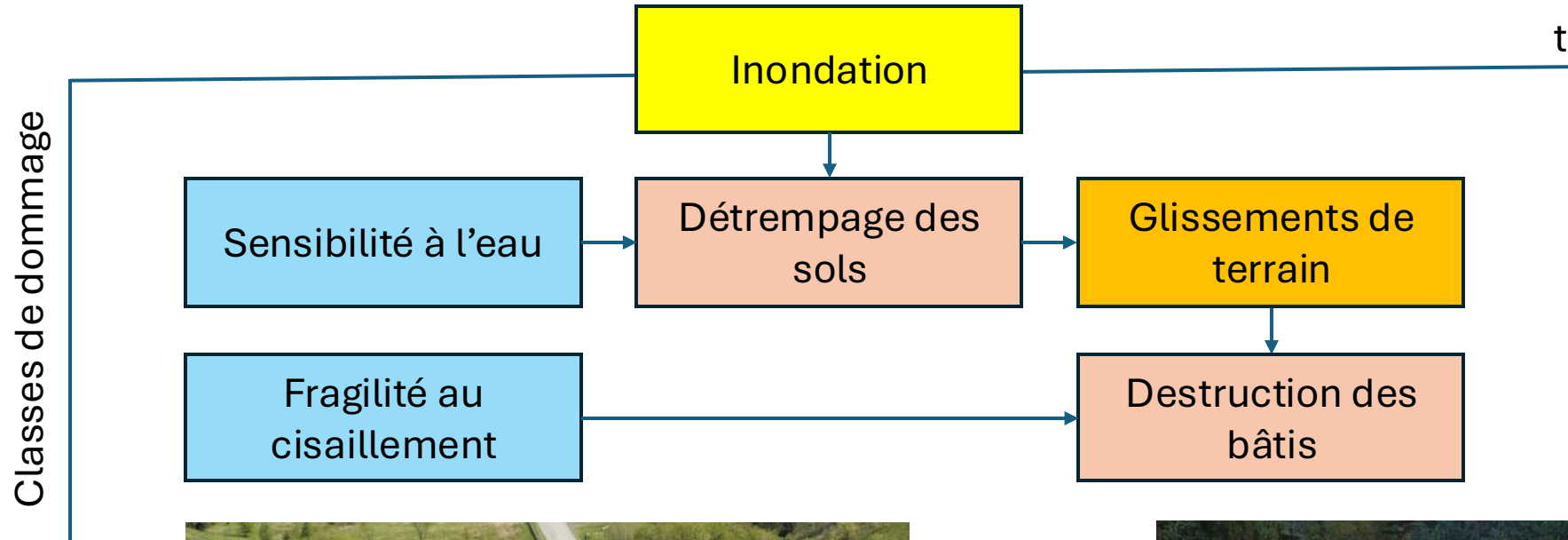
# Le multi-risque, oui mais comment ?

## 3-multi-aléa avec concomitance spatiale & temporelle



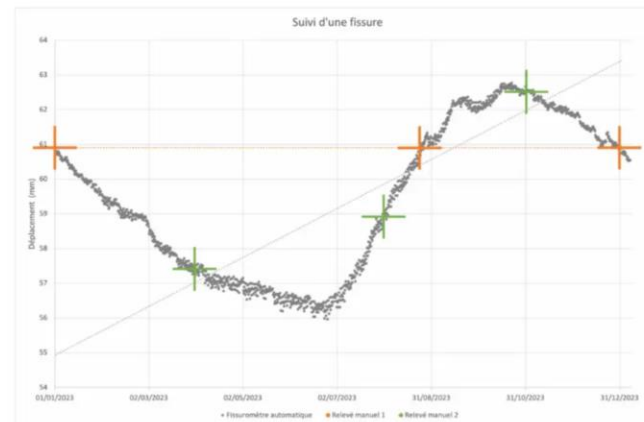
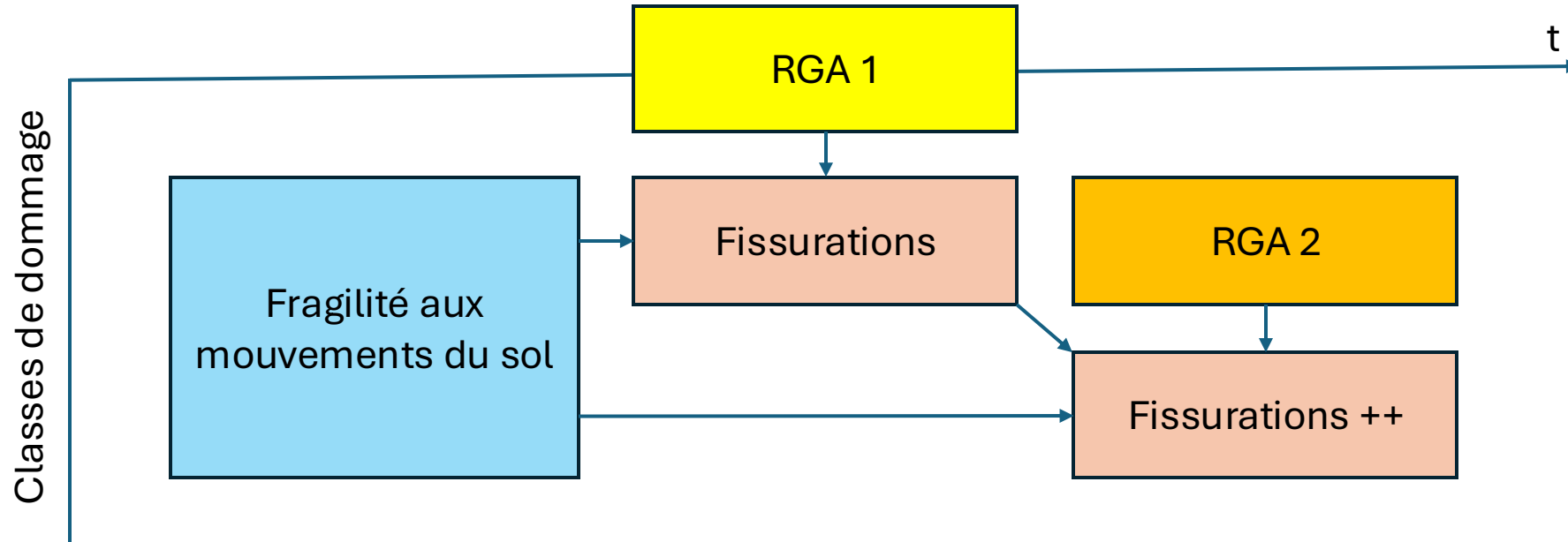
# Le multi-risque, oui mais comment ?

## 4-effet cascade 1: aléa > aléa



# Le multi-risque, oui mais comment ?

5-effet cascade : vulnérabilité > vulnérabilité (effet de fatigue)



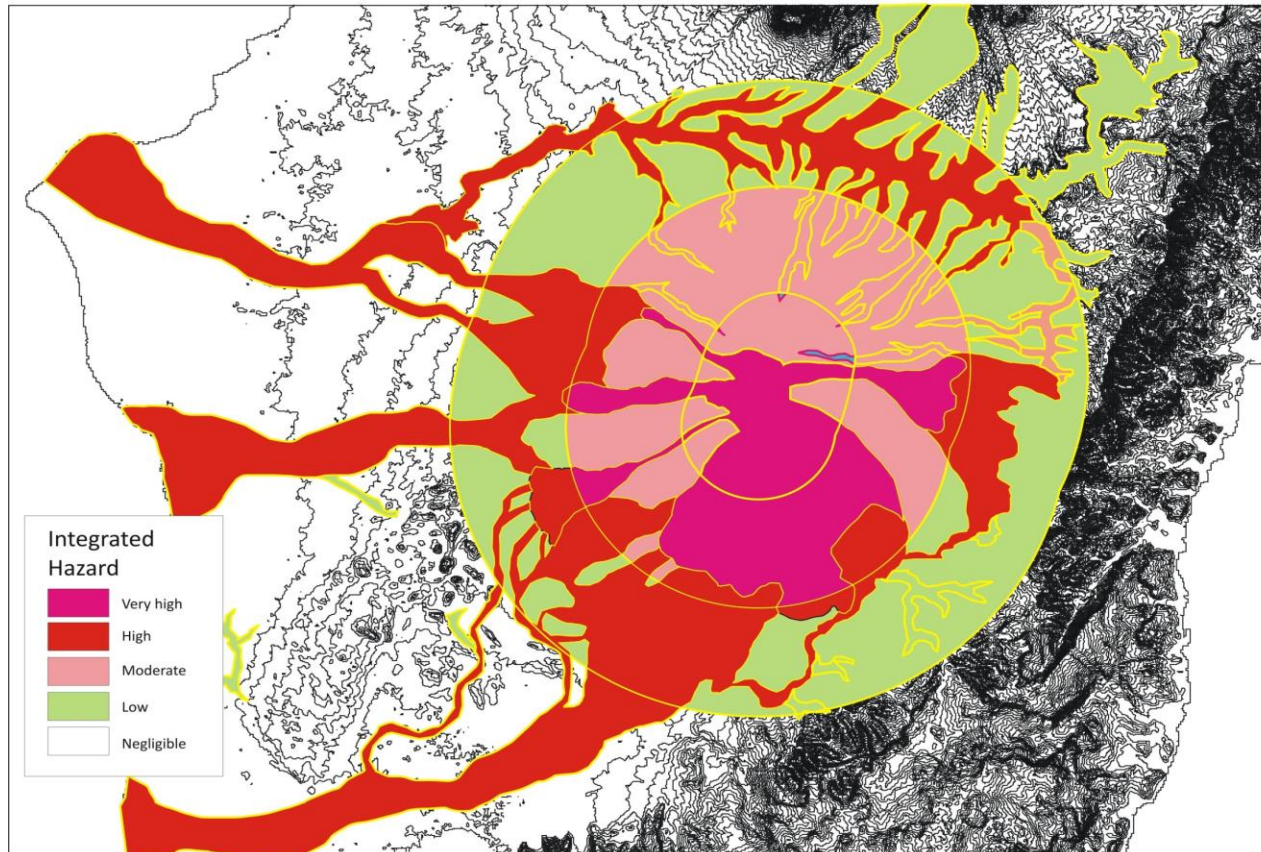
# Challenge #3: appréhender Les risques complexes

- Concomitance
- Effets cascades
- Multi-vulnérabilités

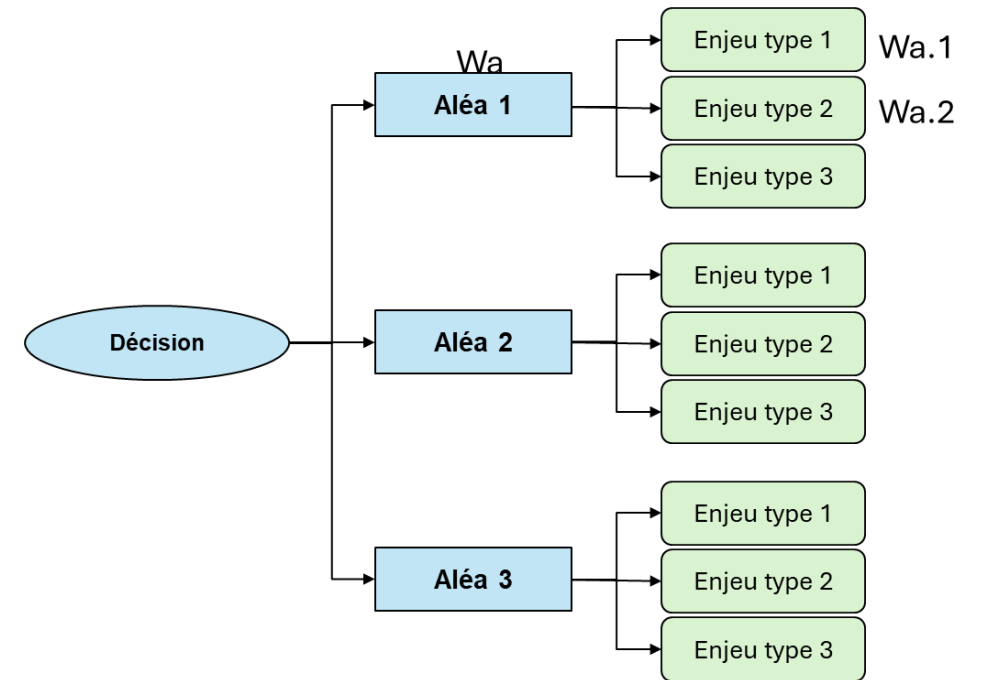


# Rôle des acteurs #1: risque volcanique

## Du multi-aléa au risque intégré



Kanlaon Volcano (INGV)



$$R(Et1) = W_a * W_{a.1} + W_b * W_{b.1} + W_c * W_{c.1}$$

Analytic Hierarchy Process analysis

# Bottom-up approach for risk mapping

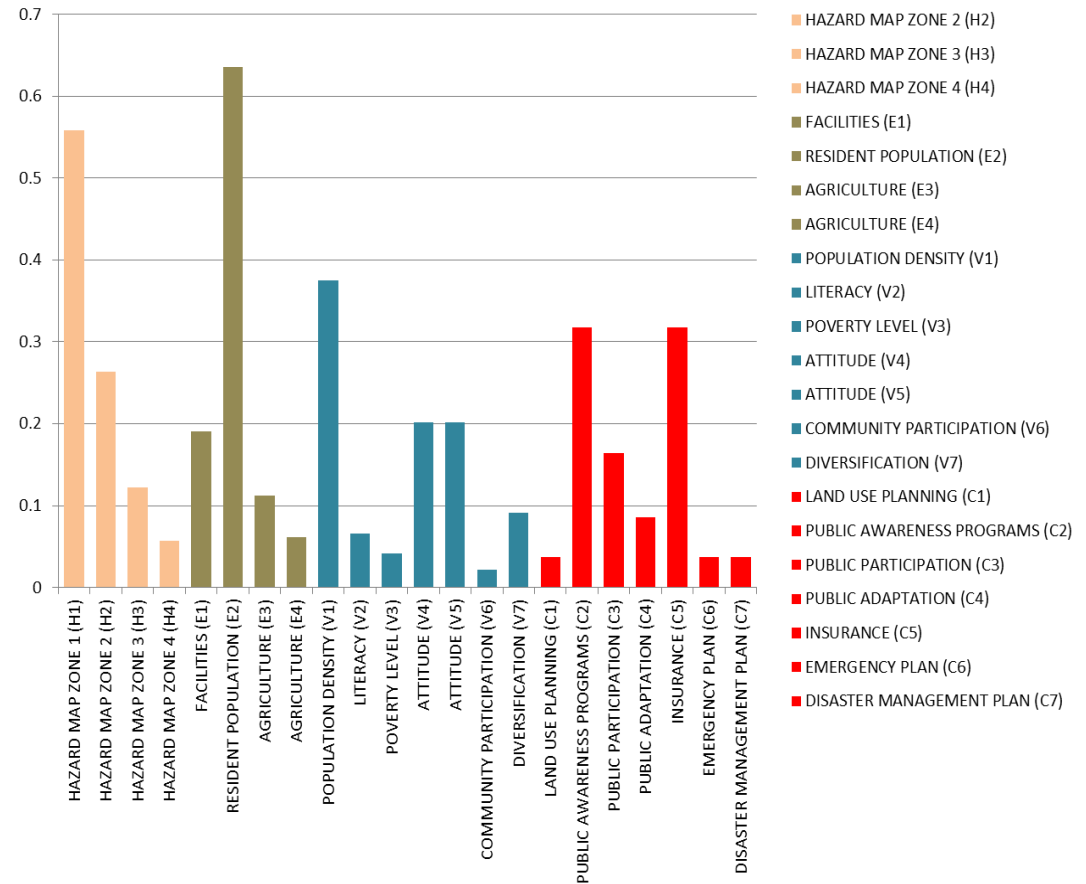
## Realization:

1. Definition of risks components
2. Collection of information by surveys and questionnaires, completed by risk analyst's own experience.
3. Risk analysis and mapping: using Analytical Hierarchy Process (AHP).

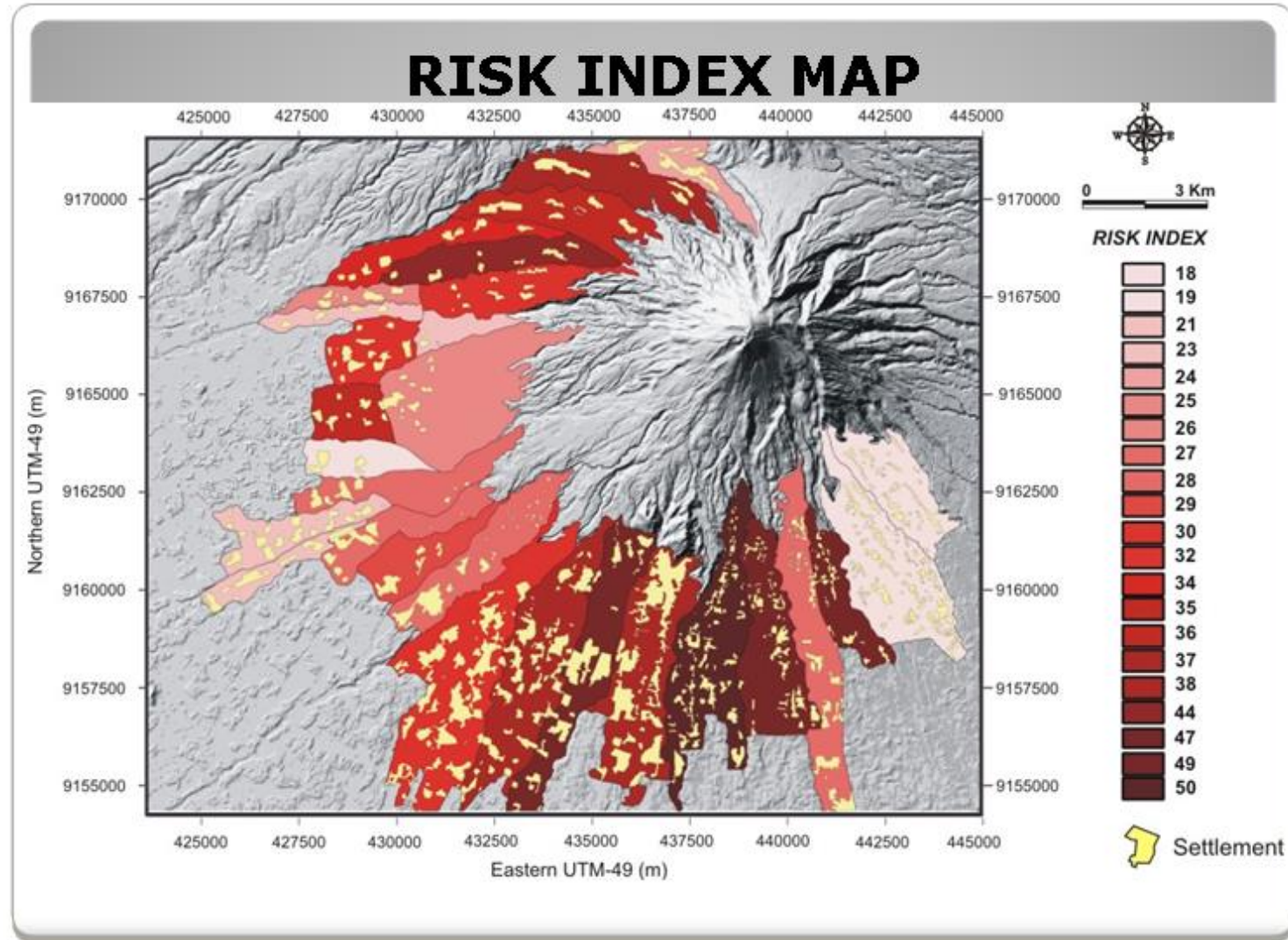


Participatory 3D mapping in Philippines

Graphic of sub-factor's weight

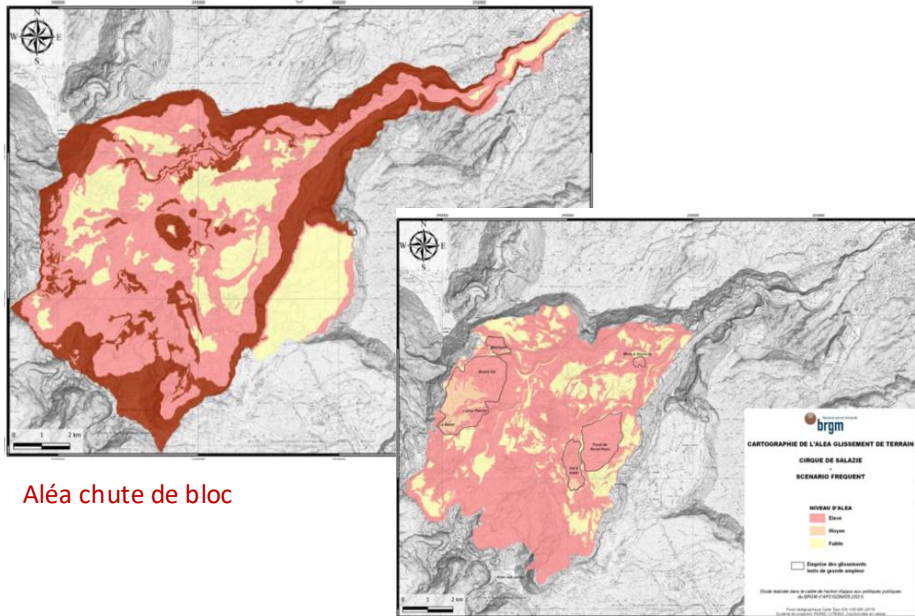


# Final risk mapping

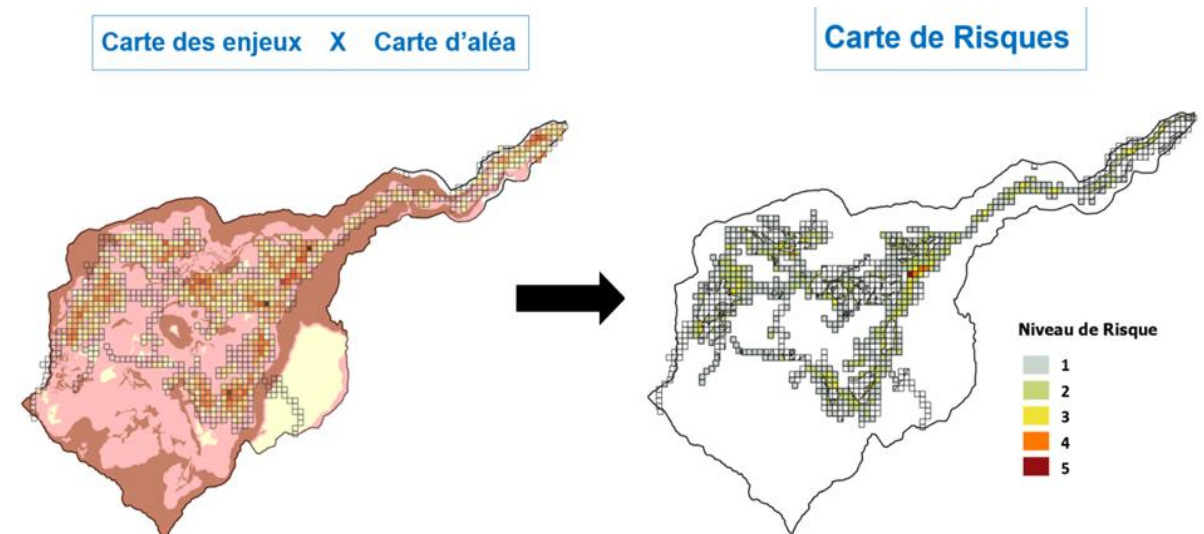


# Rôle des acteurs #2: évaluation des multi-vulnérabilités

- Le cirque de Salazie: aléas connus

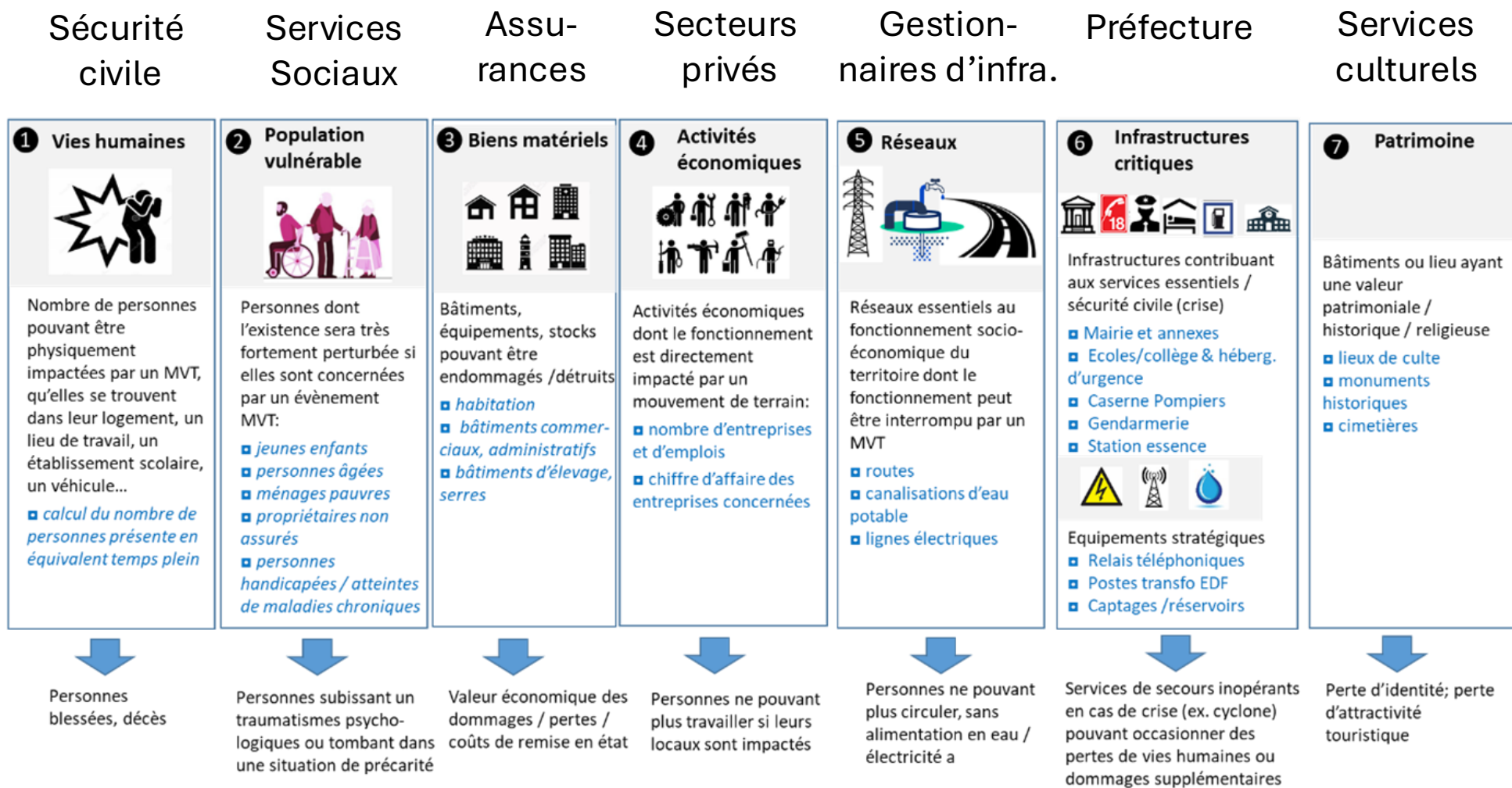


- Problème posé



**Comment définir la vulnérabilité totale de tous les enjeux du territoire ?**

• Enjeux : les sept familles d'acteurs



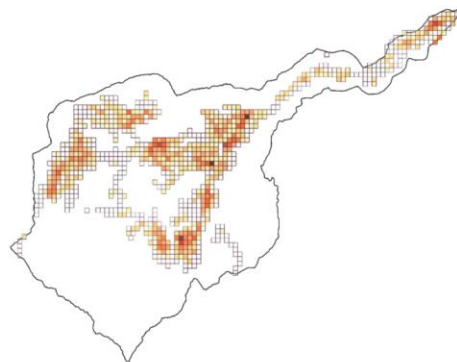
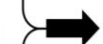
- Analyse multicritères des valeurs par secteur

Somme des 7 dimensions d'enjeu



Carte globale des enjeux

- Vies humaines
- +
- Population vulnérable
- +
- Biens matériels
- +
- Réseaux vitaux
- +
- Activités économiques
- +
- Infrastructures critiques
- +
- Patrimoine



*Quelle pondération ?*

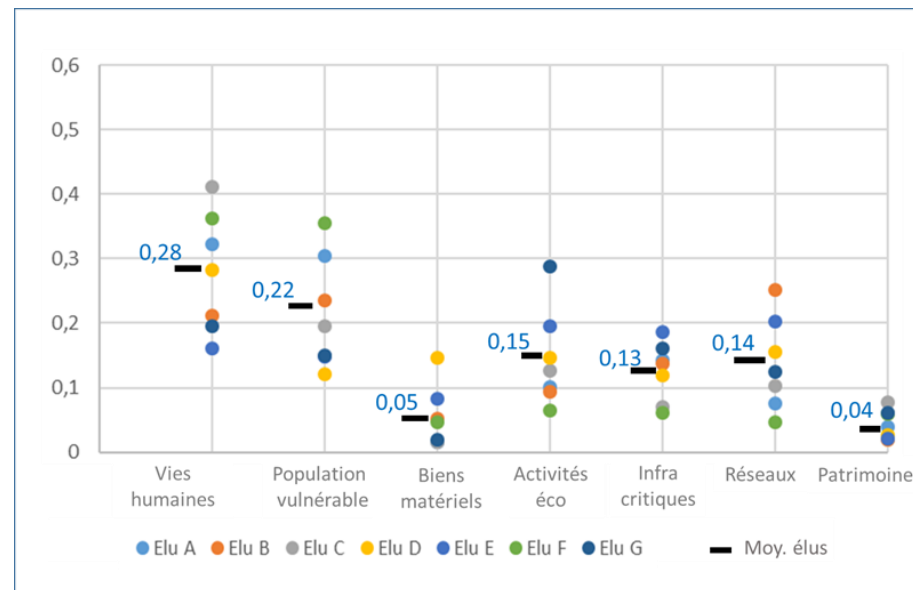


7 élus et 10 techniciens



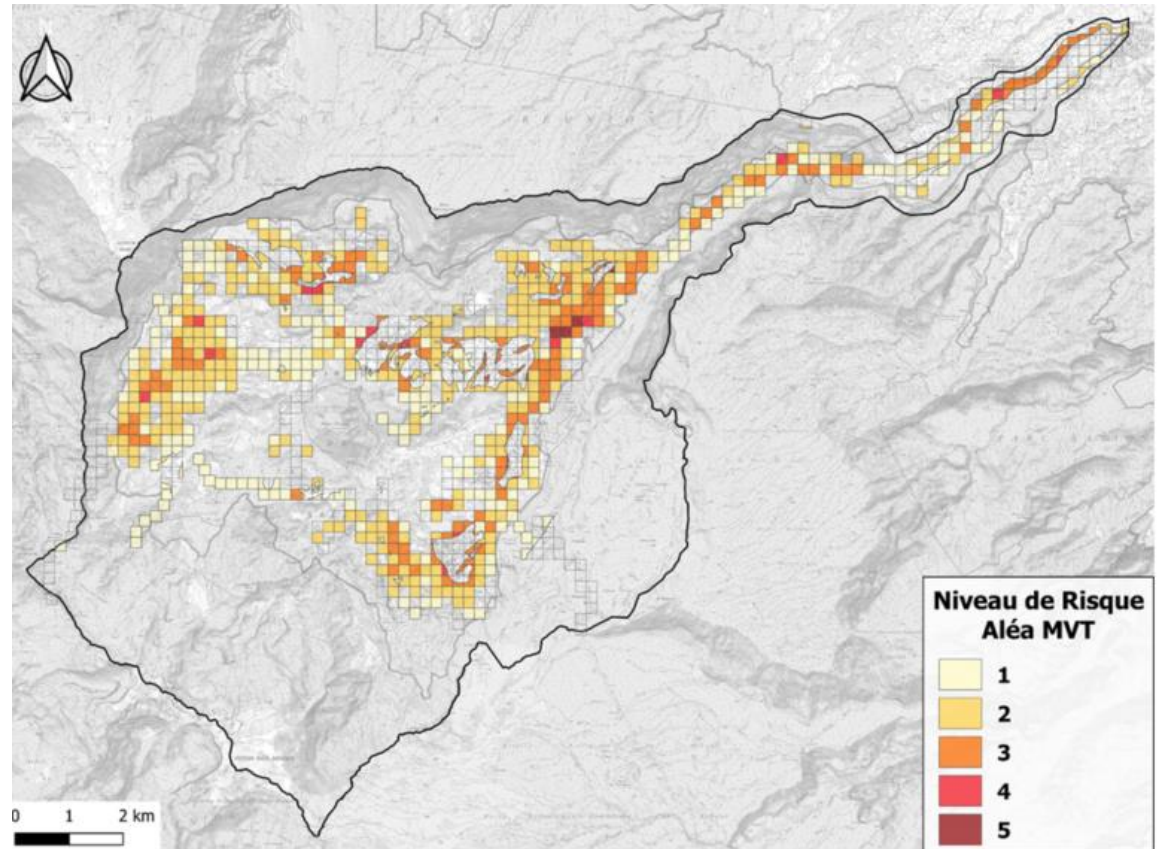
*Consultation des acteurs (enquête) pour éliciter leurs perception des pondération*

*Mise en débat des différences  
Choix d'une pondération faisant consensus  
=> Une carte de risque fait sens pour les acteurs (appropriation)*



- Cartographie du risque

NOTE DE RISQUE		ALEA
		Très Elevé/Elevé/Moyen
NOTE D'ENJEU	< 0.1	1
	[0.1 – 0.2[	2
	[0.2 – 0.3[	3
	[0.3 – 0.4[	4
	≥ 0.4	5



# Challenge #4: intégrer les acteurs des territoires

- Définition des scénarios probables
- Evaluation des enjeux/valeurs
- Appropriation des politiques publiques



**SÉCURITÉ CIVILE  
& GESTION DES CRISES**

# Le multi-risque intégré, quelques idées à concrétiser dans le PEPR

## Risques IRIMA

- Co-construire des **scénarios** avec les parties prenantes : gage de crédibilité
- Elargir ces scénarios selon un périmètre **multi-risque** : gage de multidisciplinarité
- Evaluer :
  - les **aléas** en jeu,
  - La **vulnérabilité** des bâtis, les dysfonctionnements probables du territoire, les affects sociaux,
  - Traduire le **risque** en dommages et conséquences.
  - Focus particulier sur le **couplage** risques naturels et anthropiques
- Envisager avec elles les **solutions de réduction** et d'adaptation sur les biens exposés (SFN, aménagements) et respectant les contraintes sociales (gestion du changement, financements, conflits d'usage, ...)
- **Communiquer** auprès des parties prenantes:
  - Décideurs (transfert d'expertise),
  - Citoyens, scolaires (formation, culture du risque)



# Et la forêt dans tout cela (vu de la fenêtre IRIMA) ?



## Un acteur clé des territoires:

- Un produit de la biodiversité
  - *Contribue à l'atténuation climatique grâce aux puits de carbone → facteur d'atténuation climatique*
  - *Abrite des espèces végétales et animales utiles aux écosystèmes soutenant l'activité humaine → facteur de qualité environnementale*
- Un élément structurant des paysages montagneux
  - *Stabilise les versants instables, arrête les blocs rocheux → SFN de réduction de l'aléa gravitaire*
  - *Fourni un combustible neutre pour le chauffage → structure les enjeux économiques*
  - *Facilite le développement touristique → structure les enjeux « Natura 2000 »*

## Mais:

- Expose les vallées lors des feux intenses → augmente le risque « feux de forêt » et érosion post-incendie



<https://www.pepr-risques.fr/fr>