



# SISPyr

## Systeme d'Information Sismique des Pyrénées

- > Cadre du programme
- > Actions envisagées
  - Réseaux d'observation sismique des Pyrénées
  - Prévention du risque sismique : de l'aléa au risque
  - Communication
- > Intégration de SISPyr au « plan séisme » Pyrénées

## Contexte du programme

> Cadre : Programme opérationnel Interreg IVA  
France-Esp.-Andorre 2007–2013

> Chef de file : IGC (ESP)



Partenaires : OMP / BRGM (FR)



IGN / UPC (ESP)



> Durée : 3 ans / Démarrage 09/2009 = fin 2012

> Budget global : 2 446 k€



> Soutien financier : FEDER (UE)



Auto financement partenaires  
Région Languedoc-Roussillon,  
INSU, RéNaSS,  
CG Pyrénées-Atlantique



## Contexte du programme

### > Objectif

- mise en commun et d'interopérabilité des systèmes d'acquisition de données sur les phénomènes naturels
- meilleure adéquation des moyens pour la préparation de la gestion de crise sismique dans les Pyrénées

### > Organisation de programme en « actions »

- 6 modules interdépendants suivant 3 grands axes



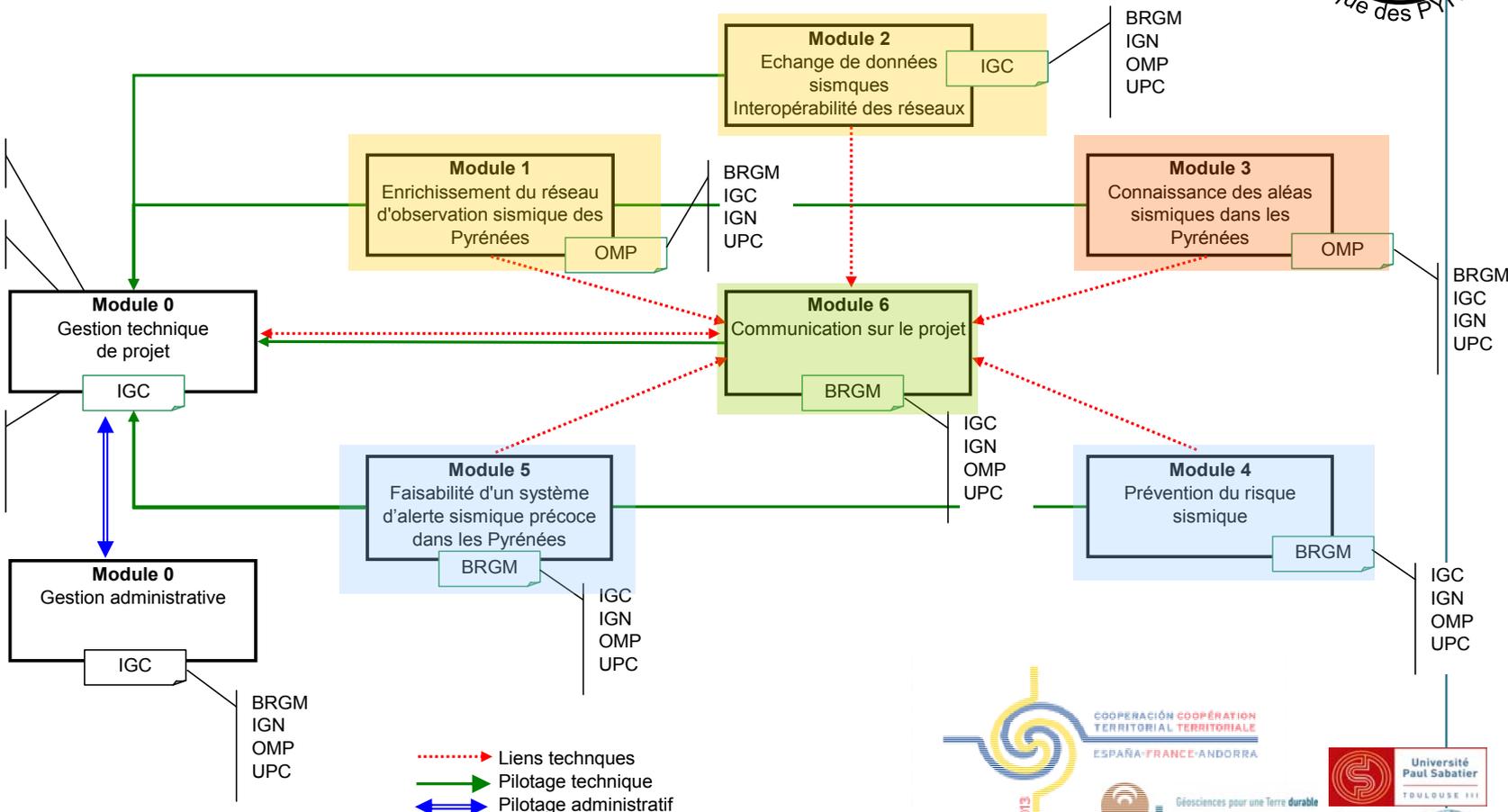
## Organigramme fonctionnel du programme SISPyR Système d'Information Sismique des PYRénées



Comité d'évaluation scientifique externe

Comité d'observation externe

Comité de pilotage technique interne  
BRGM / IGC  
IGN / OMP / UPC

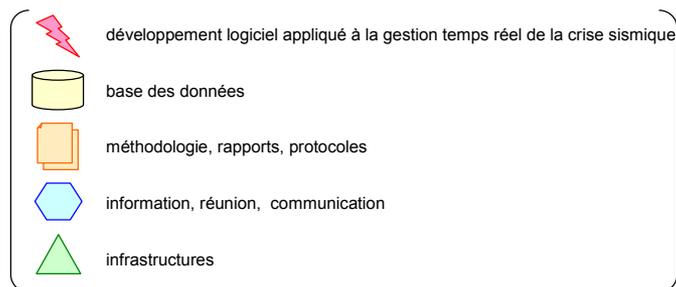
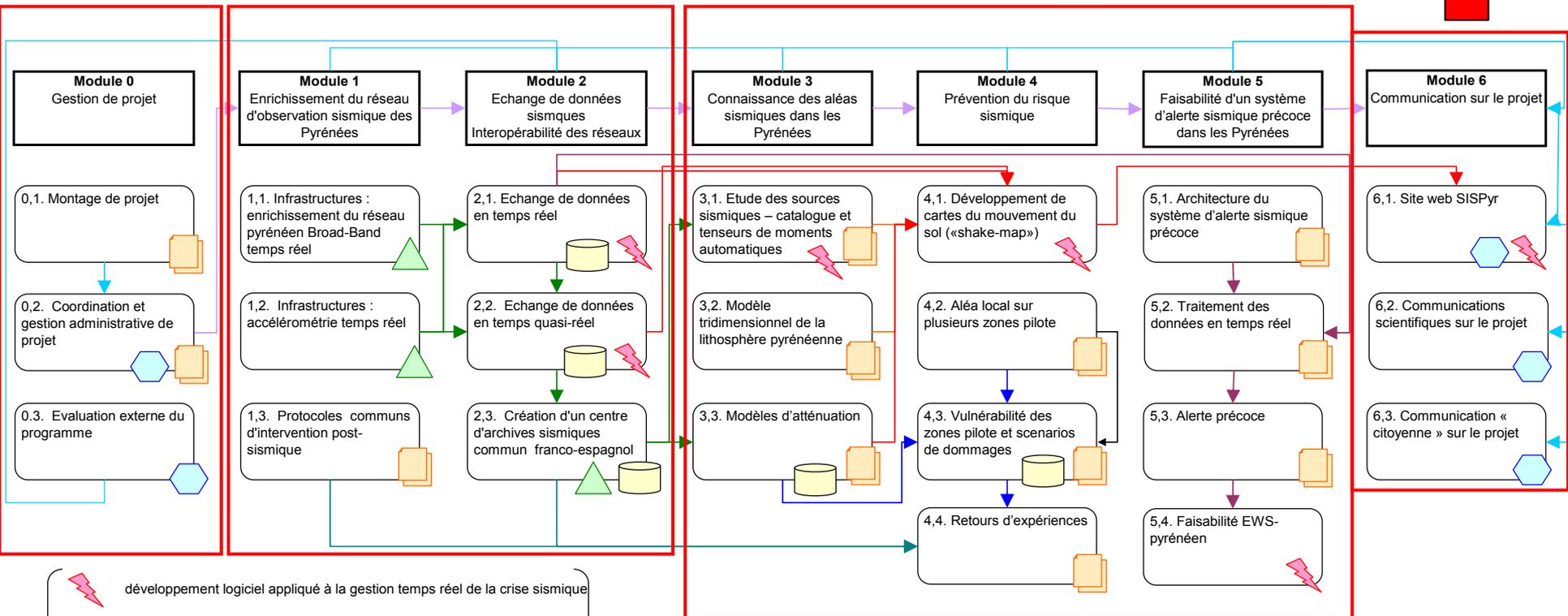


# GESTION / EVALUATION / COORDINATION

# RISQUE SISMIC COMMUNICATION

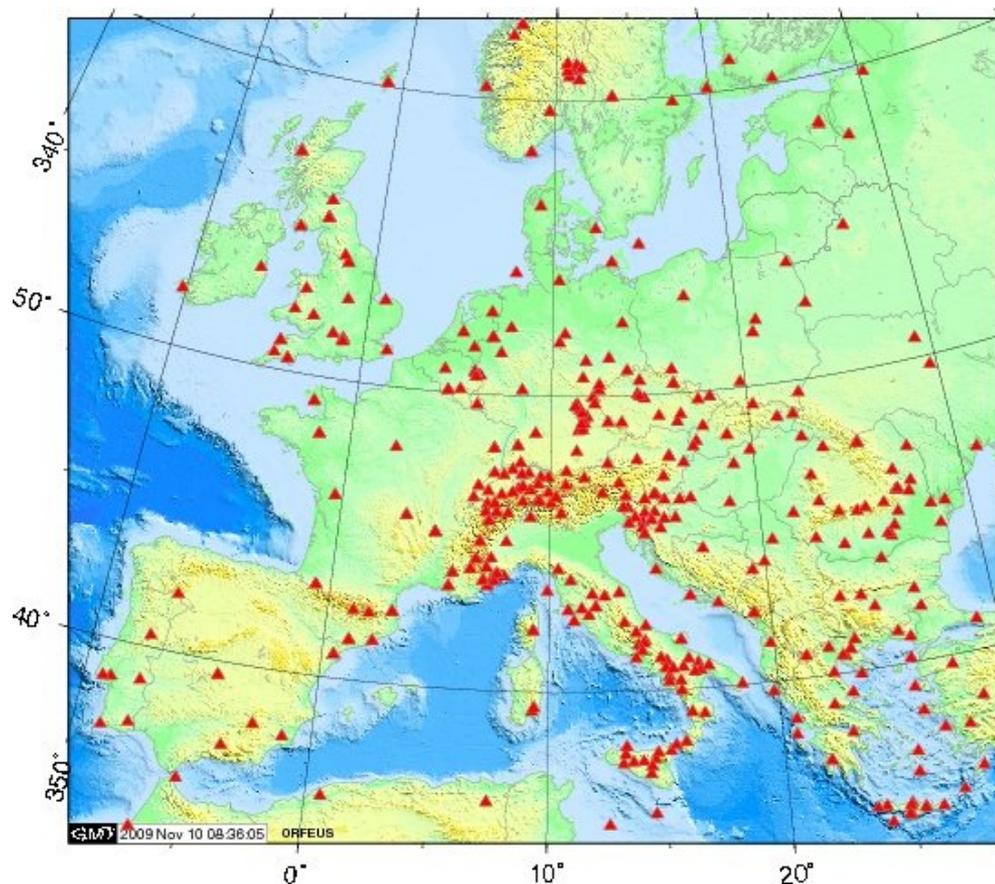


## Organigramme technique du programme SISPyR (2) Système d'information Sismique des PYRénées



## Détail des actions projetées

### ► A1 – Réseaux sismiques



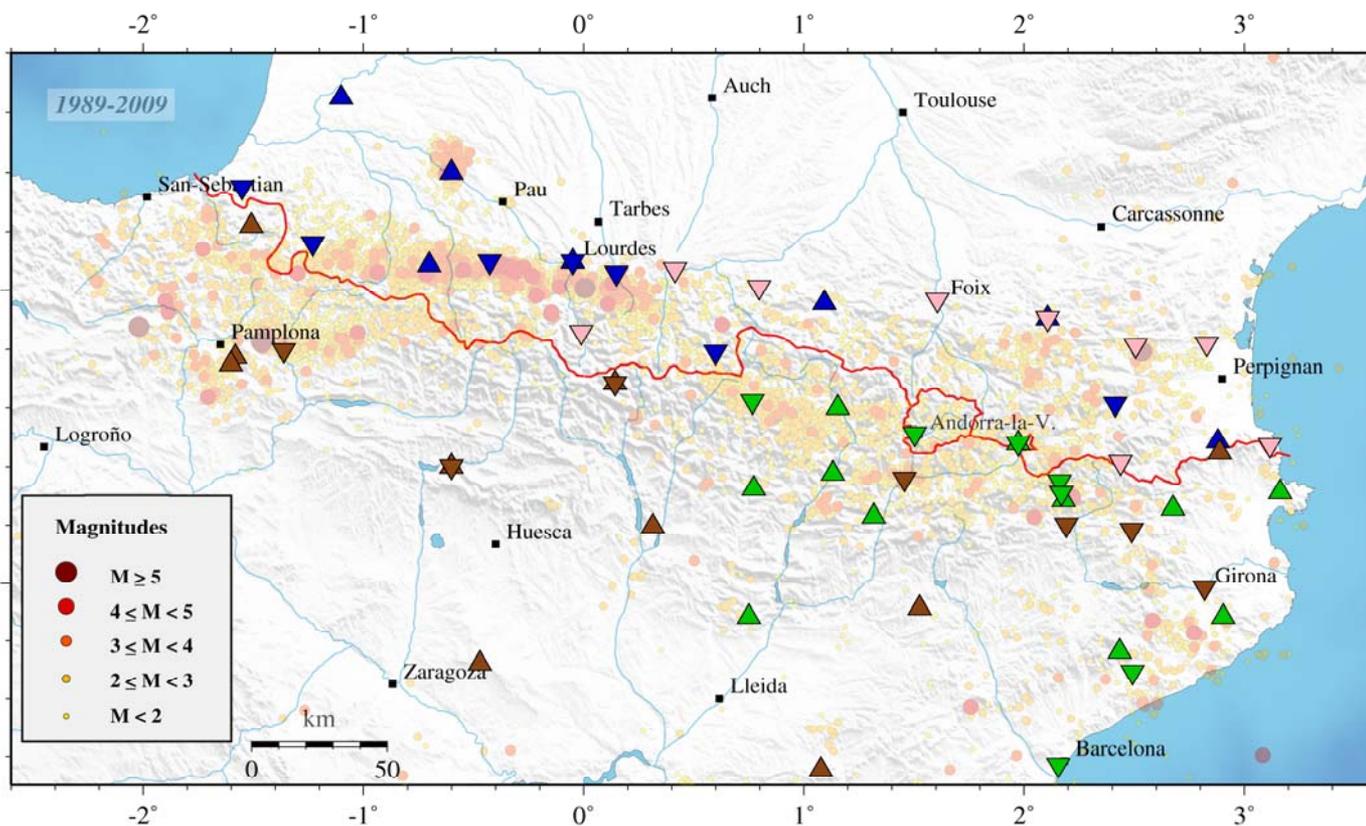
VEBSN (Virtual European  
Broadband Seismographic  
Network

Au début de SISPy, couverture  
en stations sismologiques  
temps-réel très hétérogène :  
Catalogne OK, France et  
Aragon/Navarre/Pays Basque  
sous-équipés.

# Détail des actions projetées

## ► A1 – Réseaux sismiques

D'ici fin 2011 : ~ 50 stations sismologiques (Acc/LB) en temps réel



- Déploiement de nouvelles stations (FR / ESP)
- Migration de stations existantes vers le TR

▲ BB-OMP      ▲ BB-IGC      ▲ BB-IGN  
 ▼ ACC-OMP    ▼ ACC-IGC      ▼ ACC-IGN      ▼ ACC-BRGM

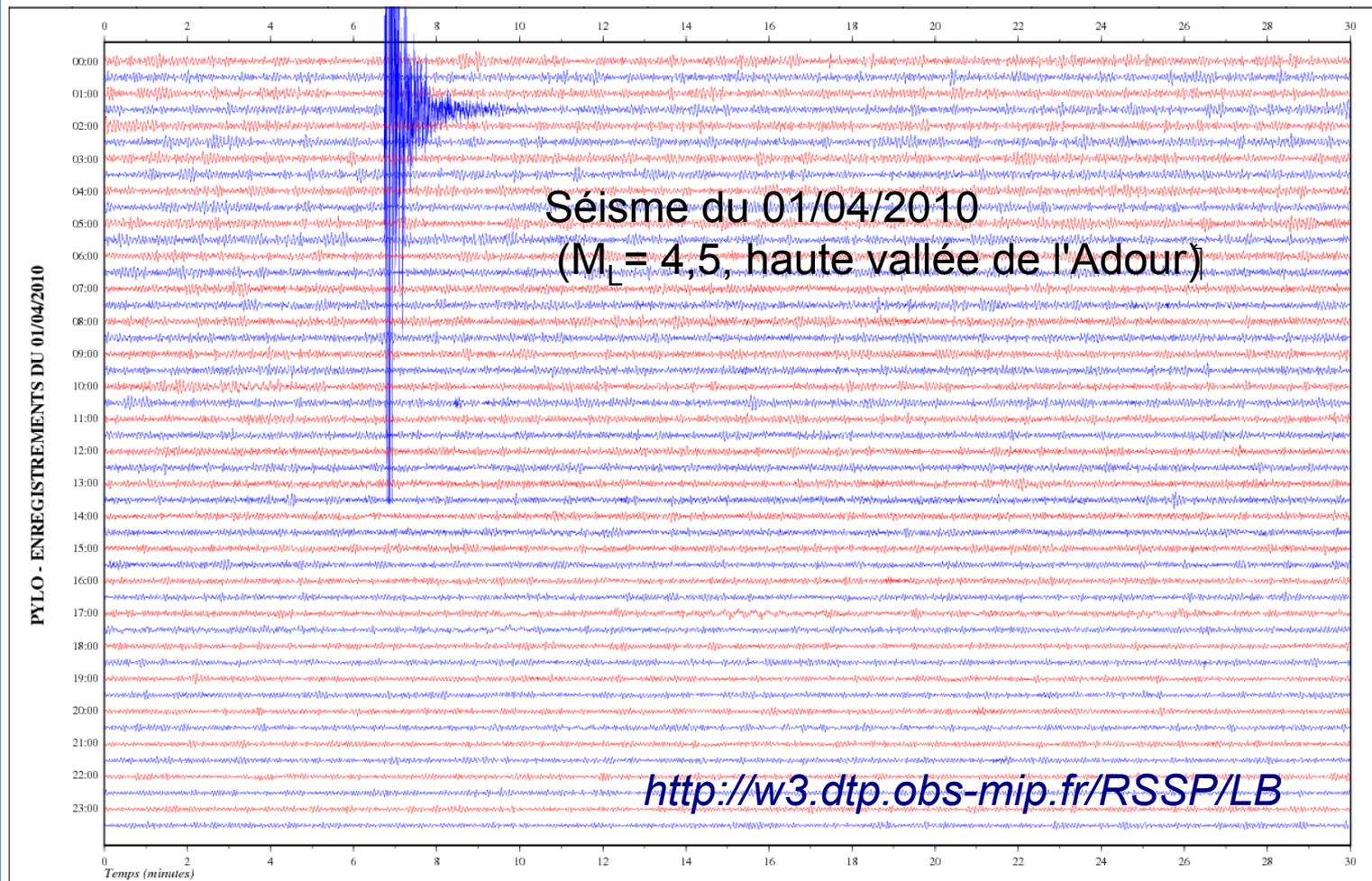
## ► A1 – Réseaux sismiques

Exemple d'installation :  
 Château de Lourdes (collaboration DDT / Mairie de Lourdes)



# Détail des actions projetées

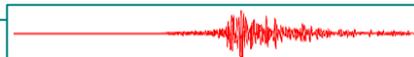
## ► A1 – Réseaux sismiques



## ► A1 – Réseaux sismiques

- **A1.3 : groupe d'intervention post-sismique « Pyrénées »**
- Objectif : mutualiser et optimiser les moyens d'intervention post-sismique = 4 groupes pressentis
  - G1 = logistique
  - G2 = sismologie : enregistrements postsismiques (crises de répliques)
  - G3 = campagnes d'enquêtes macrosismiques = relation A4.1 (shake-map)
  - G4 = évaluation des dommages au bâti : organisation
- Contour, moyens et articulation avec les groupes nationaux à définir

### SEISME DE BIGORRE (01/04/2010, $M_L=4.5$ )



Un séisme de magnitude 4.5 ( $M_L$ ) selon le Laboratoire de détection géophysique du CEA est survenu le 1<sup>er</sup> avril 2010 dans la région de Bagnères-de-Bigorre. Bien que modéré, ce séisme qui est survenu en pleine nuit a été largement ressenti par la population sur plus d'une quarantaine de kilomètres autour de l'épicentre et a réveillé de nombreux habitants.

Le BRGM, intervenant dans le cadre du projet SISPyR (Système d'Information Sismique des Pyrénées), et le BCSF, en charge des enquêtes macrosismiques, ont organisé une mission post-sismique qui s'est rendue dans la zone épiscopale quelques jours après le séisme. L'objectif de cette mission post-sismique originale était de pouvoir recueillir des témoignages sur le ressenti du séisme à proximité immédiate des stations sismologiques permanentes (stations de l'OMP et du RAP), afin d'étudier la relation entre les effets d'un séisme et le mouvement du sol. Ces données seront traitées par le BCSF dans le cadre de travaux de recherche (thèse BCSF-IRSN-RAP-MEEDDM) et par le BRGM.

Séisme du 1<sup>er</sup> avril 2010  
 Intervention couplée  
 BCSF / BRGM / OMP

## Détail des actions projetées

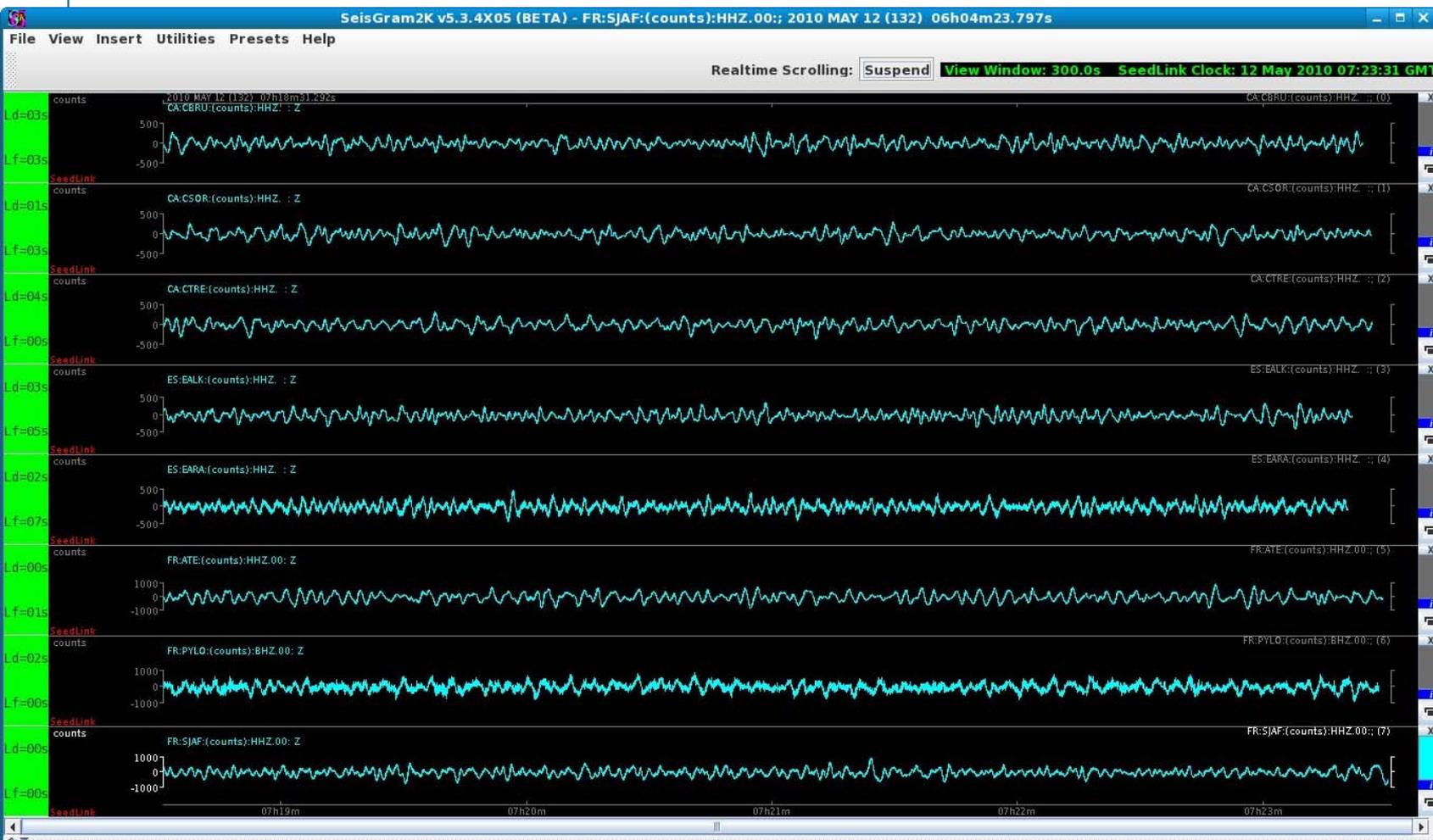
### ► A2 – Partage de données sismiques

#### > Trois niveaux de partage :

- A2.1 Echanges bilatéraux en temps réel (quelques secondes)  
=> mise en œuvre facile (protocoles et logiciels standards)  
=> flux de données énormes  
=> valorisation : détection de séismes en temps-réel
- A2.2 Mise en commun rapide (temps quasi-réel) de l'ensemble des enregistrements sur un serveur unique  
=> interrogation serveur / client  
=> valorisation : post-traitement
- A2.3 Archivage-stockage de données sur de longues séries temporelles (coll. CSIC-IJA)  
=> archivage et analyses scientifiques

## ► A2 – Partage de données sismiques

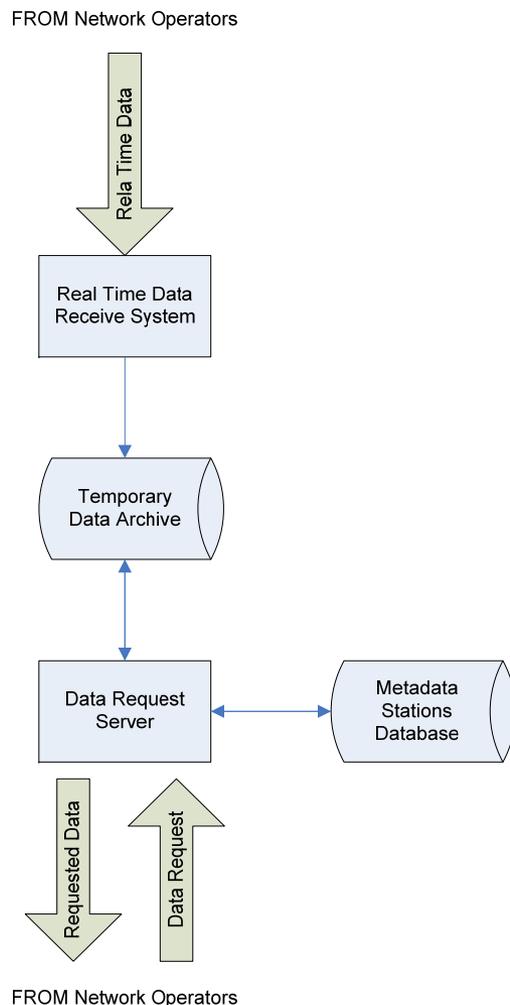
### A2.1 Echanges temps-réel



## ► A2 – Partage de données sismiques

### A2.2 Echanges “near RT”

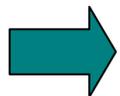
- les données TR de toutes les stations sont envoyées vers un centre de données unique, où elles sont stockées temporairement
- un serveur de données reçoit et traite les requêtes des opérateurs de réseaux



### ► A3 – Connaissance de l'aléa sismique – Etudes à la source

#### > Trois axes principaux de recherche :

- A3.1 calculs automatisés de mécanismes (tenseurs des moments) et de magnitudes => entrée module 4
- A3.2 / Imagerie tomographique crustale (modèle de croûte 3D) => amélioration de la précision des localisations
- A3.3 / calcul de modèles d'atténuation des ondes sismiques => entrée module 4



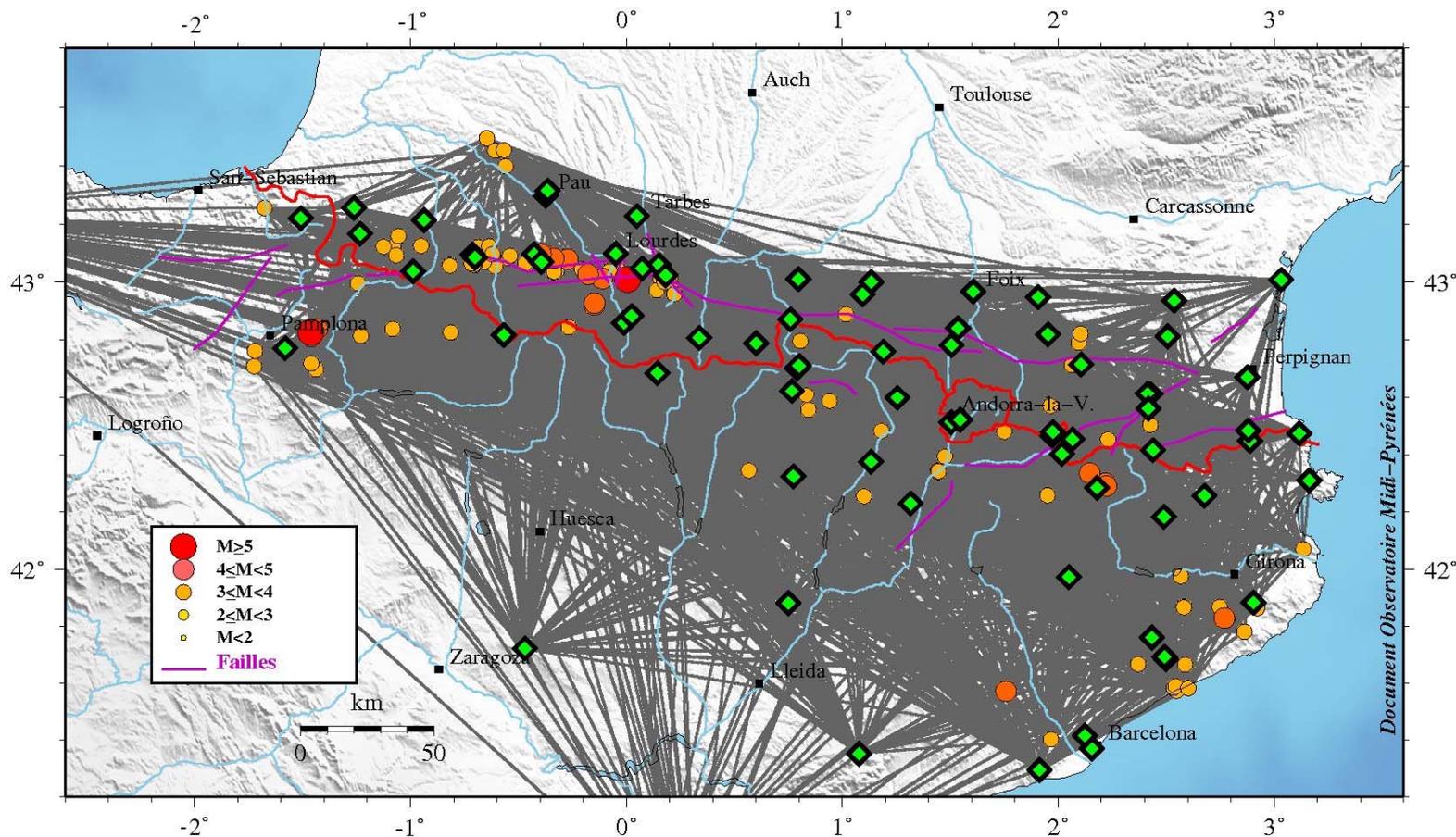
En préalable :

- construction de la base SISPy
- 129 séismes (2001-2008),  $ML \geq 3.0$ , ~ 4000 données

# Détail des actions projetées

## ► A3 – Connaissance de l'aléa sismique – Etudes à la source

BASE SISPYR



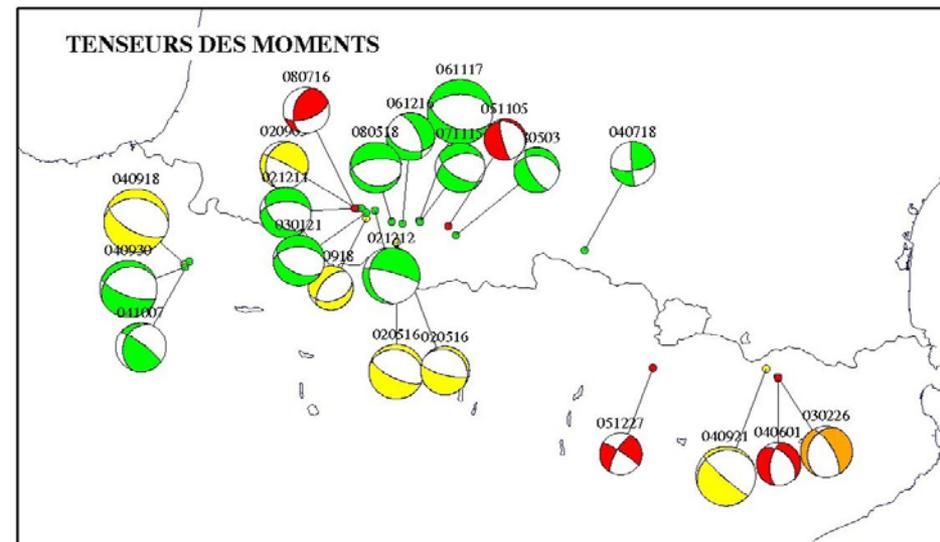
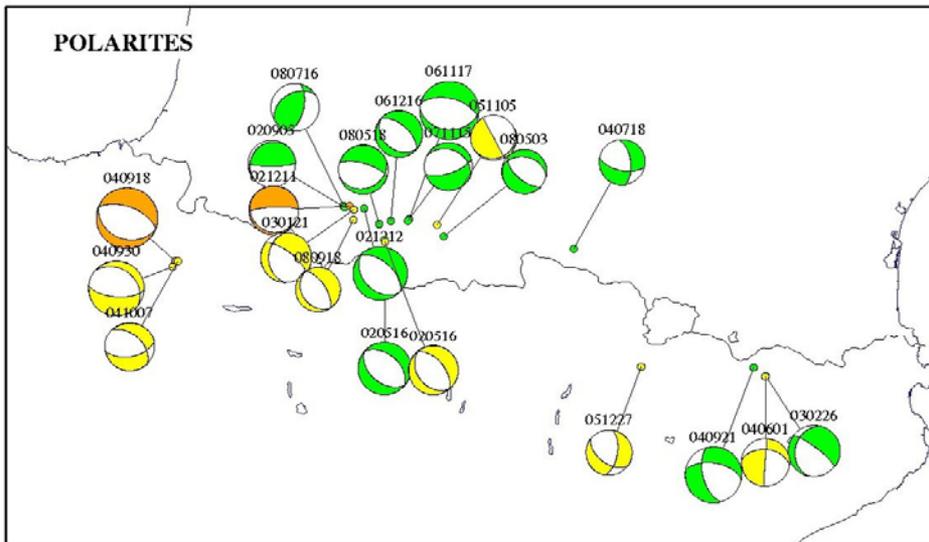
Document Observatoire Midi-Pyrénées

# Détail des actions projetées

## ► A3 – Connaissance de l'aléa sismique – Etudes à la source

### Source sismique

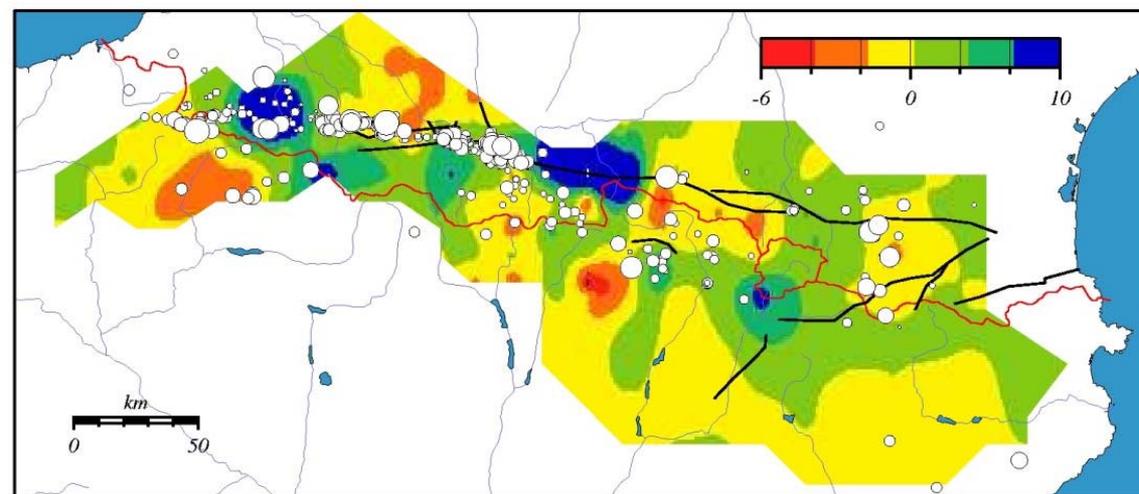
Travaux en cours : calcul rapide (automatique?) de mécanismes et magnitudes à partir d'un certain seuil (M = 3.8 ?)



Validation de la méthode de calcul de mécanismes  
(comparaison avec la méthode standard)

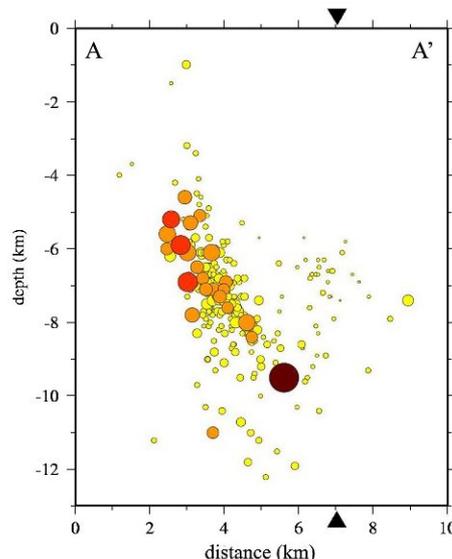
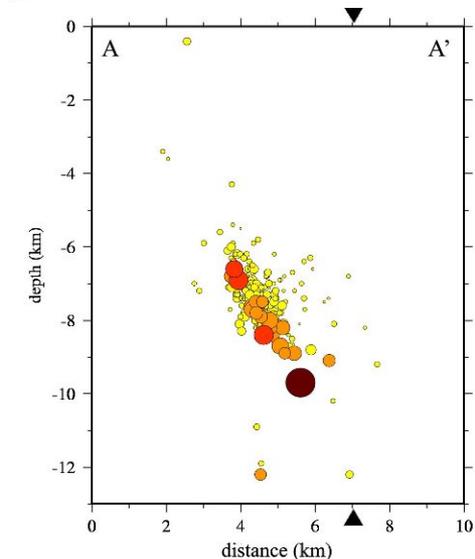
# Détail des actions projetées

## ► A3 – Connaissance de l'aléa sismique – Etudes à la source



**Structure 3D de la croûte pyrénéenne (Souriau et Granet, 1995)**

Écarts en % par rapport à la vitesse moyenne des ondes P (coupe horizontale à 11 km – sismicité entre 10 et 12 km).



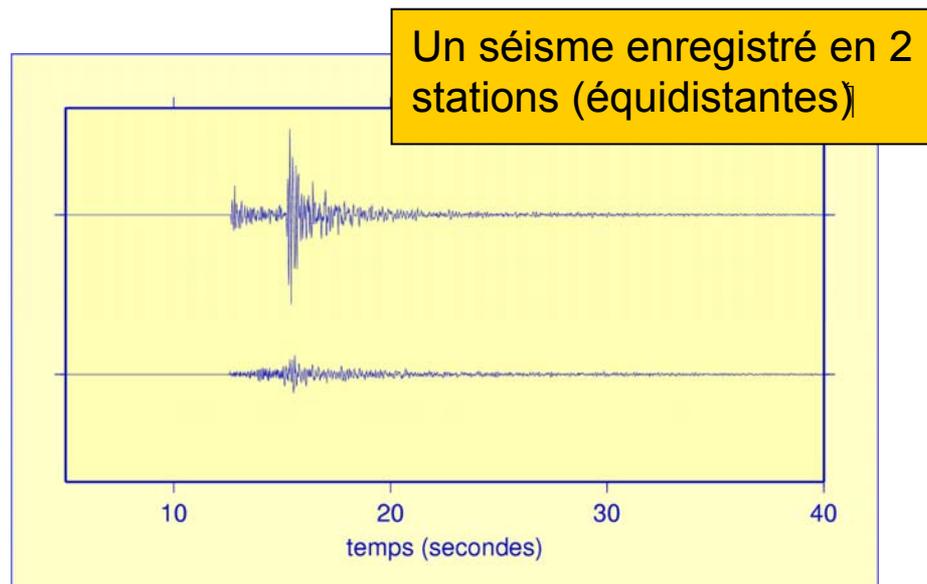
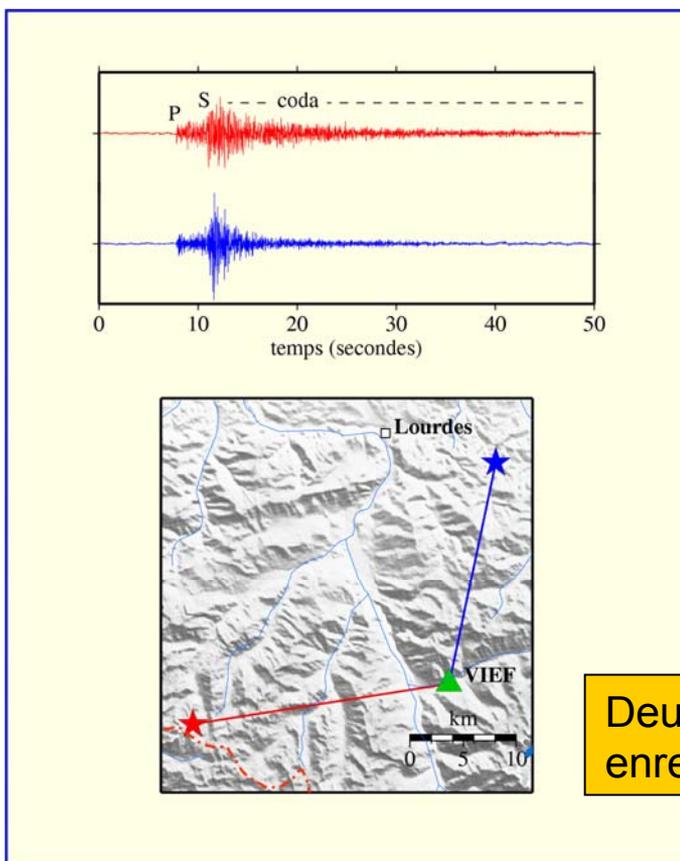
**Amélioration de la précision de localisation grâce à un modèle 3D de croûte – crise de novembre 2006.**

Coupe verticale S-N (à droite localisation dans un modèle 1D, à gauche dans un modèle 3D).

## ► A3 – Connaissance de l'aléa sismique – Etudes à la source

### Atténuation

Objectif : lois d'atténuation affinées (régionalisation) sur les Pyrénées



Deux séismes de même magnitude enregistrés en une station

### ► A4 – Risque sismique

#### > 2 grands axes de travail

- Développement de cartes de mouvement du sol (shake-map) automatiques
- Prévention du risque sismique
  - ❑ évaluation d'effets de site (amplification locales)
  - ❑ vulnérabilité du bâti et des réseaux de transport
  - ❑ scénarios de dommages probabilistes
  - ❑ retours d'expériences de séismes passés

## ► A4 – Risque sismique

### > Plusieurs échelles de travail



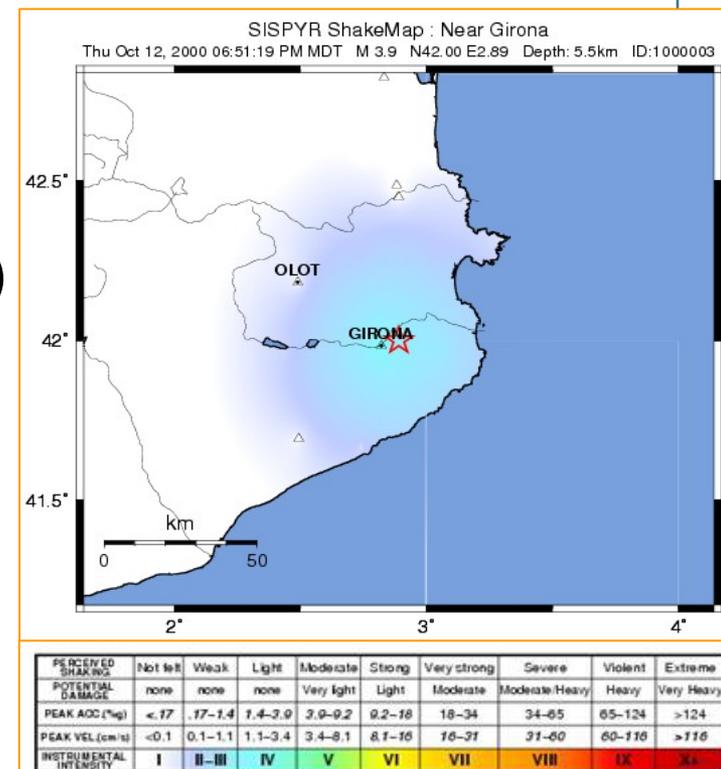
## ► A4 – Risque sismique

### > A4.1 Shake-map

- cartes de mouvements du sol
- établies à partir du réseau commun d'observation (A1 / A2)
- dans les minutes qui suivent un séisme

### Développements

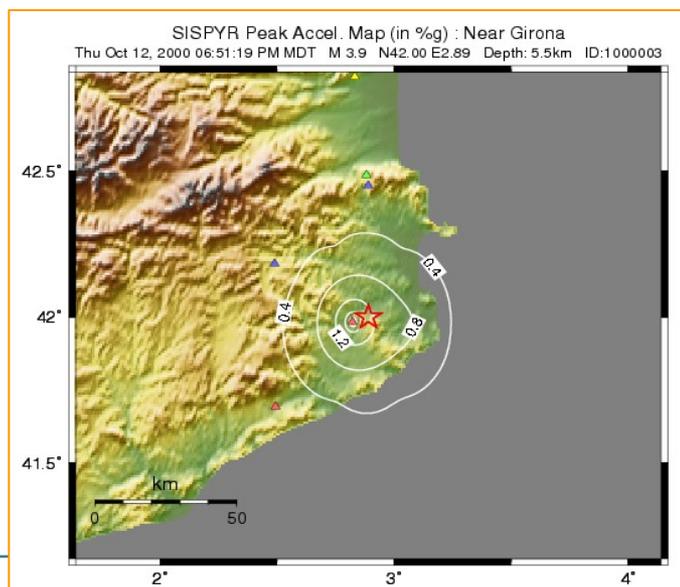
- Méthodes (modèles de propagation, effets de sites, nature de la source...)
- Outils (soft USGS, accès web...)



## ► A4 – Risque sismique

### Valorisation de shake-map

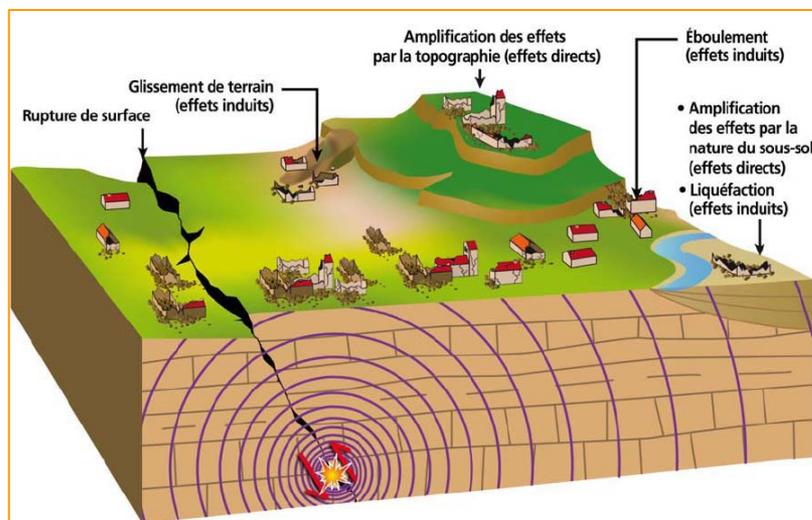
- Aide à la gestion de crise (cf. projet ISARD)
- Information rapide sur mouvements du sol en tout point du territoire
- Donnée d'entrée pour des scénarios de dommages rapides (RRS)



## ► A4 – Risque sismique

### > A4.2 Risque sismique – Effets de site

- développement d'outils et de méthodes / comparaisons de méthodes à différentes échelles
- mesures in-situ sur zones pilotes
- cartographie d'aléa local



### ► A4 – Risque sismique

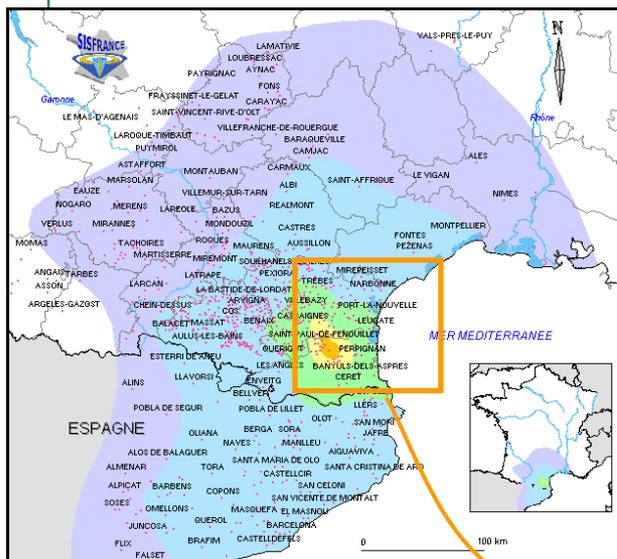
#### > A4.2 Risque sismique – Vulnérabilité réseaux et bâti

- développement d'outils et de méthodes / comparaisons de méthodes à différentes échelles
  - de l'échelle « statistique » à la modélisation de bâtiments essentiels
  - instrumentation de bâtiments
  - études sur réseaux à partir de méthodes existantes (Less-Loss, Hazus)

## ► A4 – Risque sismique

### > A4.2 Risque sismique – Retours d'expérience

- Comparaison de scénarios de dommages simulés aux dommages observés sur séismes de référence

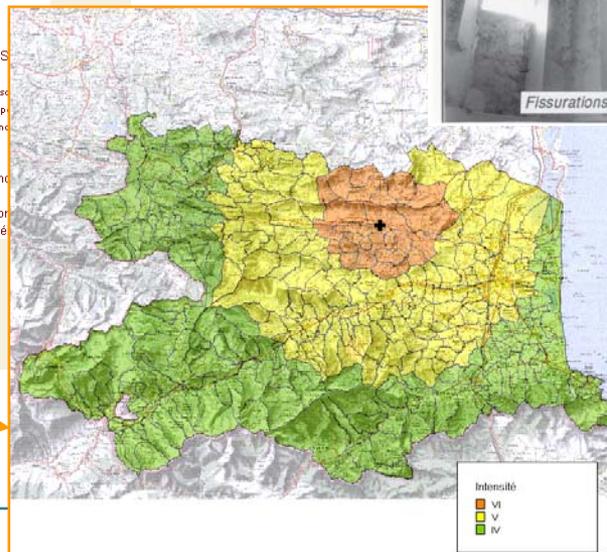


Identité : 660095  
Date du séisme : 18 Février 1996  
Heure du séisme : 1 h 45 min 46 sec  
Région épiscopale : FENOUILLEDES (ST-PAUL-DE-FENOUILLET) – PYRENEES ORIENTALES

Isoséistes et domaines d'intensité  
Propagation des effets du séisme  
(isoséistes figuratives, non contractuelles)

Degré d'intensité  
(échelle macrosismique MS)

- 2 et 2.5 : très faible (rares pentes)
- 3 et 3.5 : modérée (quelques pentes)
- 4 et 4.5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5.5 : forte (majorité)
- 6 et 6.5 : dommages légers
- 7 et 7.5 : dommages prononcés
- 8 et 8.5 : dégâts massifs
- 9 et 9.5 : destructions nombreuses
- Localité concernée par le séisme

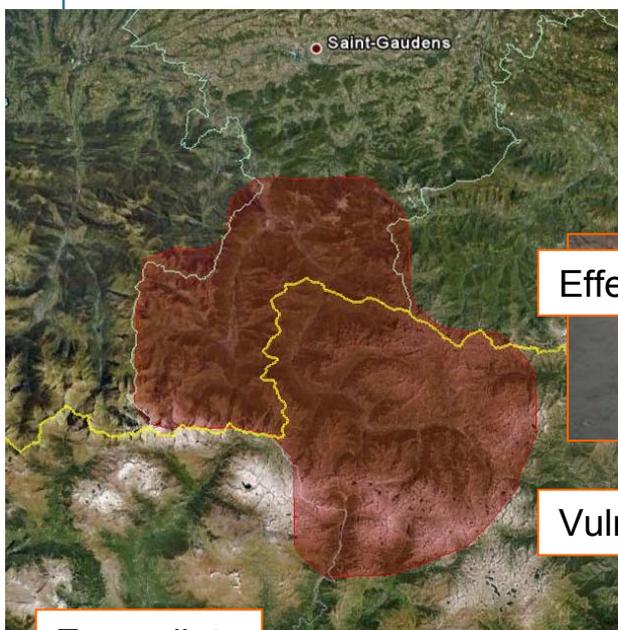


Fissurations dans le Chapitre de l'église de Saint Paul-de-Fenouillet

## ► A4 – Risque sismique

### > A4.2 Cas du Val d'Aran-Luchonnais

- Scénarios sismiques



Zone pilote



Séisme de référence  
(ex nov 1923 Val d'Aran, VIII MSK)



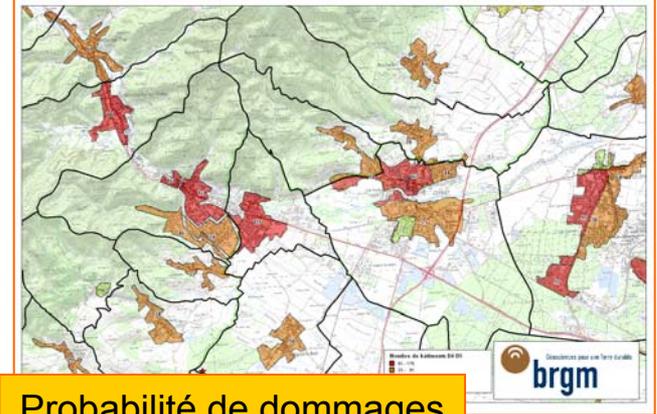
Niveau de dommages s croissant

Effets de site



Vulnérabilité

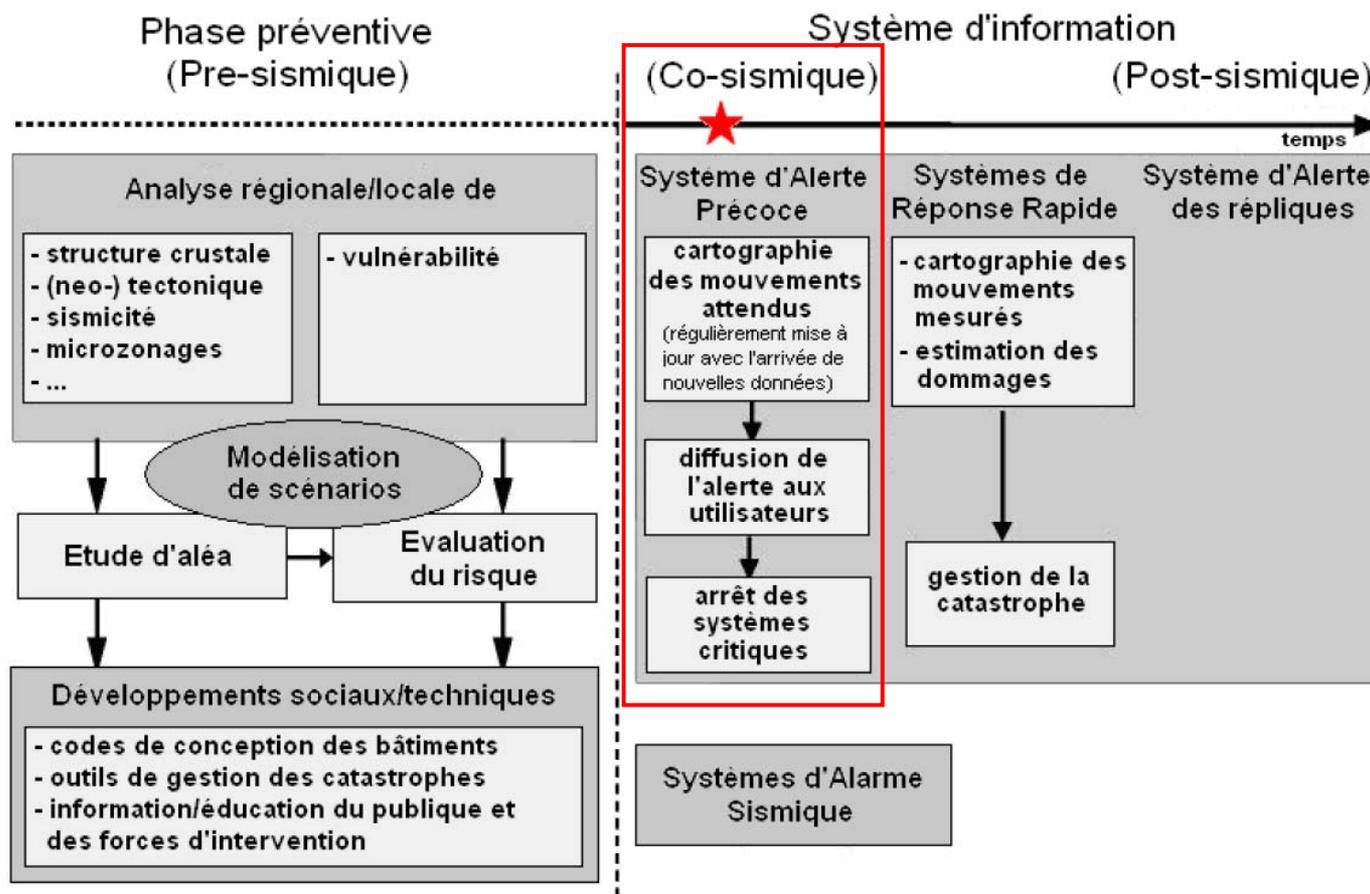
Typologie des Structures	Classe de Vulnérabilité					
	A	B	C	D	E	F
<b>Pierre</b> Moiellon brut - pierre tout-venant Brique sans chaînage	TOO	TOO	TOO	TOO	TOO	TOO
avec des Maçonnerie non armée avec des planchers en béton armée Maçonnerie renforcée ou chaînée	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I
<b>BÉTON ARMÉ</b> Ossature sans conception parasismique Ossature avec un niveau moyen de conception parasismique Ossature avec un bon niveau de conception parasismique Murs en béton armé sans conception parasismique Murs en béton armé avec un niveau moyen de conception parasismique Murs en béton armé avec un bon niveau de conception parasismique	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I
<b>BOIS/ACIER</b> Bâtiments en charpente métallique Bâtiments en bois de charpente	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I	I-O-I



Probabilité de dommages

## ► A5 – Early Warning System : faisabilité

### > Faisabilité ...contexte d'un EWS



Contexte et principes des Systèmes d'Alerte Précoce (d'après Böse, 2006).

## Détail des actions projetées

### ► A5 – Early Warning System : faisabilité

#### > Alerte précoce : pour qui ? pourquoi ?

- Enquête de besoin auprès de end-users en cours :

#### MPY

NEXTER, ARKEMA, TEMBEC, COGNIS, ANTARGAZ

#### AQU

LUBRIZOL, FINORGA, SOGIF, YARA, TEPF, CHIMEX et sites ARKEMA

Gestionnaires de réseau de transport : ARKEMA pour les pipes H2S ou

MM, TEPF pour les canas minières, TIGF...

→ intérêt de l'EWS

→ contraintes différentes selon le risque associé : toxique / pollution / explosion... et le type d'action envisageable

### ► A5 – Early Warning System : faisabilité

#### Faisabilité technique

- Définition d'une architecture EWS relativement au réseau d'observation (M2)
- Traitement des données TR : localisation, caractérisation ...
- Alerte sismique avec intégration de facteurs socio-économiques et notamment l'acceptabilité de fausses alertes ...
- Faisabilité technique et analyse cout / bénéfice liée au développement d'un EWS dans les Pyrénées

## Détail des actions projetées

### ► A6 – Communication

- Site web de projet : [www.sispyr.eu](http://www.sispyr.eu) (en cours de construction)
- Communications scientifiques : congrès, séminaires, publications scientifiques
- Communication vers le grand public : réunions de restitution souhaitées localement associant collectivités territoriales et services déconcentrés de l'Etat, si possible transfrontalières (Val d'Aran-Luchonnais, Cerdagne)
- Diffusion de documents d'information sur le risque sismique, interventions en milieu scolaire
- Dossier de synthèse en fin de programme et séminaire de restitution