



# Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française

# **Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française**

## **Liste des rapports**

***Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2 000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis- Rapport intermédiaire*** (Terrier M., 2007, Rapport BRGM/RP - 55353 –Fr)

***Etude préliminaire de l'aléa tsunami en Méditerranée occidentale - Mouvements de terrain côtiers de grande ampleur- Rapport intermédiaire*** (N. Marçot, B. Colas, M. Terrier, 2007, Rapport BRGM/RP- 55356 –Fr)

***Zonage des mouvements de terrain sous-marins sur le plateau et talus continental au large des côtes françaises.*** (Cattaneo A., 2007, Rapport IFREMER DCB/GM/LES/07-17)

***Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française - Modélisation numérique des tsunamis. Rapport intermédiaire.*** (Pedreros, R et Poisson, B., 2007, Rapport BRGM/RP - 55760 –Fr)

***Tsunamis : étude de cas au niveau de la côte méditerranéenne française - Rapport de synthèse.*** (Terrier M., Pedreros R., Poisson B., 2007, Rapport BRGM/RP - 55765 –Fr)

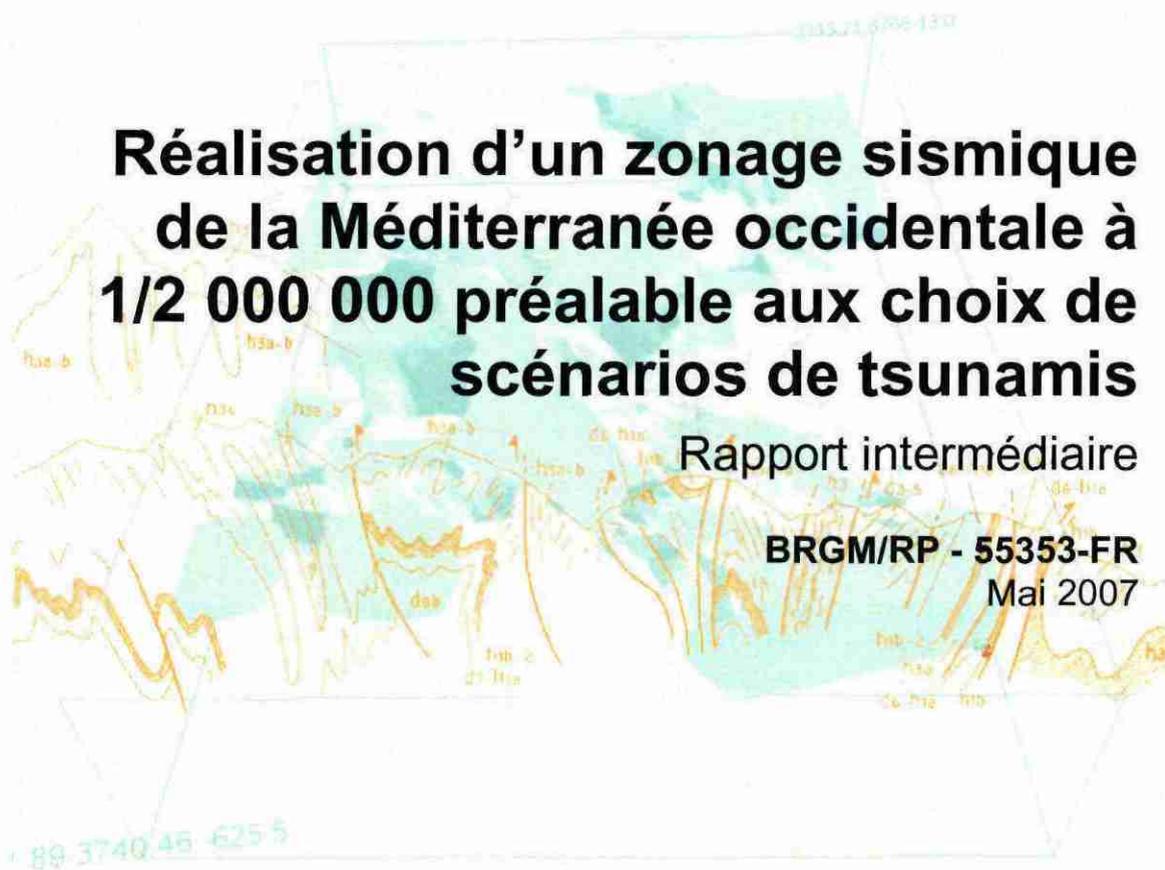


# Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2 000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis

Rapport intermédiaire

BRGM/RP - 55353-FR

Mai 2007





# Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2 000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis

Rapport intermédiaire

BRGM/RP - 55353-FR  
Mai 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2006 - 06RISH19

Convention MEDD/DPPR CV 05000 195

M. Terrier

**Vérificateur :**  
Nom : Mouroux Pierre  
Date : 23/05/07  
Signature :  
(Ou Original signé par)

**Approbateur :**  
Nom : Winter Thierry  
Date : 25/05/07  
Signature :  
(Ou Original signé par)

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



**Mots clés** : zonage, séismes, aléa, Méditerranée, tsunamis, scénario

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Terrier Monique (2007) - Réalisation d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale à 1/2 000 000 préalable aux choix de scénarios de tsunamis- Rapport intermédiaire, Rapport BRGM-RP - 55353 -Fr, 109 p, 43 fig., 1 pl. HT

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Dans le cadre du Plan Séisme, l'Etat français a confié au BRGM une « étude préliminaire de l'aléa tsunamis en Méditerranée occidentale ». Ce projet fait l'objet d'une convention Ministère français de l'Ecologie et du Développement Durable et BRGM n° CV 05000195.

Ce présent rapport s'inscrit dans le projet global cité ci-dessus. Il concerne l'identification et la caractérisation de sources sismiques susceptibles de générer des tsunamis sur la côte méditerranéenne française.

Le travail d'identification des sources tsunamigéniques d'origine sismique est réalisé à partir d'une part, de la consultation des zonages sismiques existants (zonages de la France, l'Italie, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc, l'Espagne) tirés des projets GSHAP, SESAME, EPAS et autres publications scientifiques et, d'autre part, de l'interprétation des données tectoniques, bathymétriques et sismologiques (données historiques – base SisFrance, compilation GSHAP, base INGV/EMIDIUS et publications, données instrumentales – bases CSEM et NEIC, mécanismes au foyer – base EMMA).

En s'appuyant sur ces différentes sources de données, un zonage sismique à 1:2 000 000 de la Méditerranée occidentale est proposé. Chaque zone est caractérisée par un mécanisme de rupture, l'évaluation du séisme maximal et, à partir des relations de Wells et Coppersmith (1994), les caractéristiques de la rupture (valeur du rejet, dimensions du plan de faille rompu).

La poursuite du projet global doit retenir plusieurs scénarios sismiques susceptibles de générer des tsunamis sur la côte française. Aussi, en conclusion, il est proposé 3 séismes de scénarios localisés : dans la zone 32, « Tell et marge nord algérienne », la zone 49, « bassin de l'Ampurdan, du Roussillon et zone axiale pyrénéenne » et la zone 4, « marge nord ligurienne ».

Il s'agit d'une proposition de scénario mais le zonage réalisé peut servir de base aux choix d'autres événements sismiques majeurs.



## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>11</b>
1.1. CADRE DE L'ETUDE .....	11
1.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	15
1.2.1. Evolution géodynamique de la Méditerranée occidentale .....	15
1.2.2. Mouvement actuel des plaques .....	18
1.2.3. Les grands ensembles structuraux .....	20
1.2.4. La profondeur du Moho .....	32
<b>2. Inventaire des données</b> .....	<b>35</b>
2.1. SEISMES HISTORIQUES .....	35
2.1.1. Le CSEM .....	35
2.1.2. France .....	35
2.1.3. Espagne .....	35
2.1.4. Maghreb .....	36
2.1.5. Péninsule ibérique et Maghreb .....	36
2.1.6. Italie .....	36
2.1.7. Base de l'USGS/NOAA (Etats Unis) .....	37
2.2. SISMICITE INSTRUMENTALE .....	37
2.2.1. Base de données de l'USGS/NEIC .....	37
2.2.2. Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM) .....	37
2.3. MECANISME AU FOYER .....	38
2.3.1. Base de données de l'USGS/NEIC .....	38
2.3.2. Base de données EMMA .....	38
2.4. ZONAGES SISMQUES .....	38
2.4.1. - Projet GSHAP : Zonage sismique de l'Europe et des pays du pourtour méditerranéen. ....	38
2.4.2. Projet SESAME .....	39
2.4.3. Autres zonages sismiques .....	39
<b>3. Proposition d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale</b> .....	<b>57</b>
3.1. REALISATION D'UNE CARTE DE SYNTHESE DES DONNEES TECTONIQUES ET DE LA SISMICITE .....	57

3.1.1. Inventaire des séismes historiques majeurs .....	57
3.1.2. Données de la sismicité instrumentale.....	59
3.1.3. Mécanismes au foyer .....	60
3.1.4. Cartographie des principales failles du littoral ou de la Méditerranée occidentale .....	60
3.1.5. Données bathymétriques .....	61
3.2. INDIVIDUALISATION DES ZONES SOURCES SISMIQUES .....	69
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>93</b>
4.1. LE ZONAGE SISMIQUE PROPOSE : .....	93
4.2. PROPOSITION DE CHOIX DE SCENARIOS : .....	93
<b>5. Bibliographie .....</b>	<b>97</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 – Etudes réalisées en 2006-2007 par le BRGM dans le cadre du Plan Séisme, volet tsunamis .....	11
Figure 2 - Place du présent rapport dans la démarche de réalisation de scénarios tsunamis puis d'évaluation de l'aléa.....	12
Figure 3 - Carte de situation des principales régions et structures géologiques en Europe et Méditerranée (extrait de Nocquet, 2002) .....	14
Figure 4 : Schéma tectonique de la Méditerranée occidentale, d'après Scalera (2005) .....	14
Figure 5 - Reconstitution paléogéographique de l'histoire de la Méditerranée (Dercourt et al., 1986) .....	16
Figure 6 – Ouverture des bassins liguro-provençal et tyrrhénien de la fin de l'Oligocène au Miocène, d'après Casado et al. (2001).....	17
Figure 7 - Synthèse cinématique en Europe-Méditerranée occidentale et centrale (d'après Nocquet, 2002) .....	18
Figure 8 – Coupe à l'échelle de la lithosphère du bassin océanique provençal (d'après Séranne, 1999) et Carminati et al. (2004) in Lagabrielle et al., 2005).....	22
Figure 9 - Coupe structurale interprétative entre le massif de l'Argentera et la marge Nord Ligure (d'après Bigot-Cormier, 2002) .....	23
Figure 10 - Schéma structural de la marge du golfe du Lion et principaux accidents décrochants de la Provence occidentale.(d'après Séranne, 1999).....	24
Figure 11 - Epaisseur de la croûte au nord du bassin tyrrhénien (d'après Contrucci,1999) .....	26
Figure 12 – Coupe schématique de la lithosphère au niveau du nord de l'arc appenin (Italie) d'après Melletti et al. (1995), in Melletti et al. (2000) .....	26
Figure 13 - Schéma structural de l'Italie et régions voisines, d'après GSHAP ( <a href="http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adria/">http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adria/</a> ).....	27
Figure 14 - Principaux ensembles géologiques de la région ibero-maghrébine (d'après Buforn et al., 1995) .....	29
Figure 15 -Extrait de la carte néotectonique et sismotectonique de la région du Rif – Tell et mer d'Alboran de Morel et Méghraoui (1996).....	30
Figure 16 – Synthèse de quelques uns des modèles proposés pour expliquer la géodynamique actuelle (à différentes échelles) de la frontière Afrique-Europe au niveau de la mer d'Alboran (d'après El Alami et al., 1998).....	31
Figure 17 - Coupe NS de la marge nord algérienne, d'après Deverchère et al. (2005) : FP, faille active lors du séisme de 2003 ; identification de failles inverses à vergence nord au large de la marge. ....	32

Figure 18 -Carte de la profondeur du Moho (limite croûte-manteau) en Europe compilée par Ziegler et Duezes pour le projet EUCOR-URGENT ( <a href="http://comp1.unibas.ch">http://comp1.unibas.ch</a> ), figure extraite de la thèse de Nocquet (2002) .....	33
Figure 19 - La base de données EMMA : répartition des mécanismes au foyer des séismes .....	42
Figure 20 – Zonage sismique proposé dans le cadre du projet GSHAP .....	43
Figure 21 - Zonage de la péninsule Ibérique et du Maghreb proposé dans le cadre du projet GSHAP ( <a href="http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/">http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/</a> ) .....	44
Figure 22 - Zonage de la péninsule Ibérique et du Maghreb proposé dans le cadre du projet GSHAP : caractéristiques des zones ( <a href="http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/">http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/</a> ) .....	45
Figure 23 – Le zonage proposé dans le cadre du projet SESAME, différences des contours avec ceux proposés dans le cadre du projet GSHAP (zone en aplat vert) .....	46
Figure 24 – Zonage sismotectonique de l'Italie et autres pays bordant l'Adriatique, d'après GSHAP ( <a href="http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adria/">http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adria/</a> ) et Meletti et al. (2000).....	47
Figure 25 – Caractéristiques macrosismiques des zones sismotectoniques de la Calabre et de la Sicile, d'après Bottari et al. (2005), avec $I_{max}$ en MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) .....	48
Figure 26 - Nouveau zonage sismotectonique de l'Italie, ZS9 (d'après Meletti et Valensise, 2004) .....	49
Figure 27 - Comparaison de la base de données des segments de failles sismogènes capables de produire une magnitude $\geq 5,5$ et le nouveau zonage sismotectonique de l'Italie (d'après Meletti et Valensise, 2004).....	50
Figure 28 – Zonage sismique du Nord de l'Algérie proposé par Hamdache (1998) et caractéristiques sismiques des zones .....	51
Figure 29 - Zonage sismotectonique du Nord de l'Algérie, d'après Aoudia et al (2000).....	52
Figure 30 – Zonage sismotectonique de la Catalogne et caractéristiques sismiques des zones, d'après Secanell et al. (2004).....	53
Figure 31 – Zonage sismique de la Catalogne, d'après Ojeda et al. (2002).....	54
Figure 32 – Zonage sismotectonique de la France d'après GEO-TER (2002) : délimitation et caractéristiques des zones, zoom sur le Sud-Est.....	55
Figure 33 - Carte des séismes historiques de la Méditerranée occidentale (données compilées dans le cadre de ce projet à partir des bases SisFrance, EMIDIUS, NOAA, GSHAP et diverses publications).....	62
Figure 34 - Carte des séismes enregistrés en Méditerranée occidentale entre 1973 et fin 2006 (données extraites de la base USGS/NEIC) .....	63

Figure 35 - Profondeur focale des séismes enregistrés en Méditerranée occidentale entre 1973 et fin 2006 (données extraites de la base USGS/NEIC) .....	64
Figure 36 – Extrait de la carte géologique de l'Europe à 1/5 000 000, reprojétée dans le système longitude/latitude, WGS84 .....	65
Figure 37 - Extrait de la carte géodynamique de la Méditerranée, feuille 1 - tectonique et cinématique, échelle d'origine 1/13 000 000 (edit. CCGM, 2004) .....	66
Figure 38 - Carte des principales failles de la Méditerranée occidentale et ses bordures .....	67
Figure 39 - Grille bathymétrique utilisée pour les simulations de tsunamis.....	68
Figure 40 – Explication des champs associés à la table descriptive du zonage sismique .....	71
Figure 41 – Carte des zones sources sismiques proposées pour la Méditerranée occidentale .....	75
Figure 42 – Paramètres des zones sources sismiques proposées pour la Méditerranée occidentale .....	77
Figure 43 - Proposition de scénarios sismiques pour la modélisation de tsunamis .....	94

## **Planche hors texte**

Zonage sismique du bassin méditerranéen occidental, échelle 1 :2 000 000

## **Annexe :**

Extrait du fichier Seismes\_hist\_Medit\_occid.xls, séismes de magnitude finale, Mw, au moins égale à 6,0.



# 1. Introduction

## 1.1. CADRE DE L'ETUDE

A la fin de l'année 2005, le Ministère français de l'Ecologie et du Développement Durable a mis en place une série d'actions destinées à réduire la vulnérabilité de la France au risque sismique. Ces actions sont rassemblées dans le cadre d'un programme national de prévention du risque sismique, intitulé « **Plan Séisme** ». Ce plan intègre un chantier sur la « prévention du risque de tsunami ».

Dans ce cadre, l'Etat français a confié au BRGM (Figure 1):

- 1) la réalisation d'une base de données historiques sur les tsunamis,
- 2) deux études préliminaires de l'aléa tsunami sur les côtes françaises méditerranéennes et antillaises. L'objectif de cette première approche est d'évaluer la sensibilité globale des côtes françaises au phénomène de tsunamis, et de localiser les zones a priori les plus exposées.

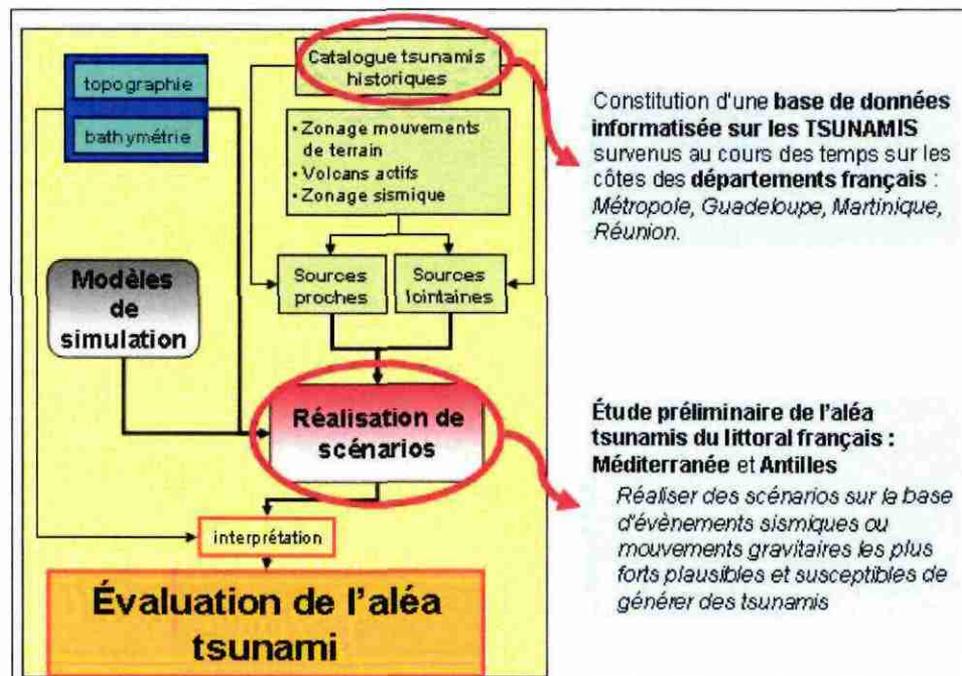


Figure 1 – Etudes réalisées en 2006-2007 par le BRGM dans le cadre du Plan Séisme, volet tsunamis

Le présent rapport s'inscrit dans l'étude globale de sensibilité aux tsunamis de la côte méditerranéenne française. Il concerne l'identification et la caractérisation des sources sismiques tsunamigéniques potentielles.

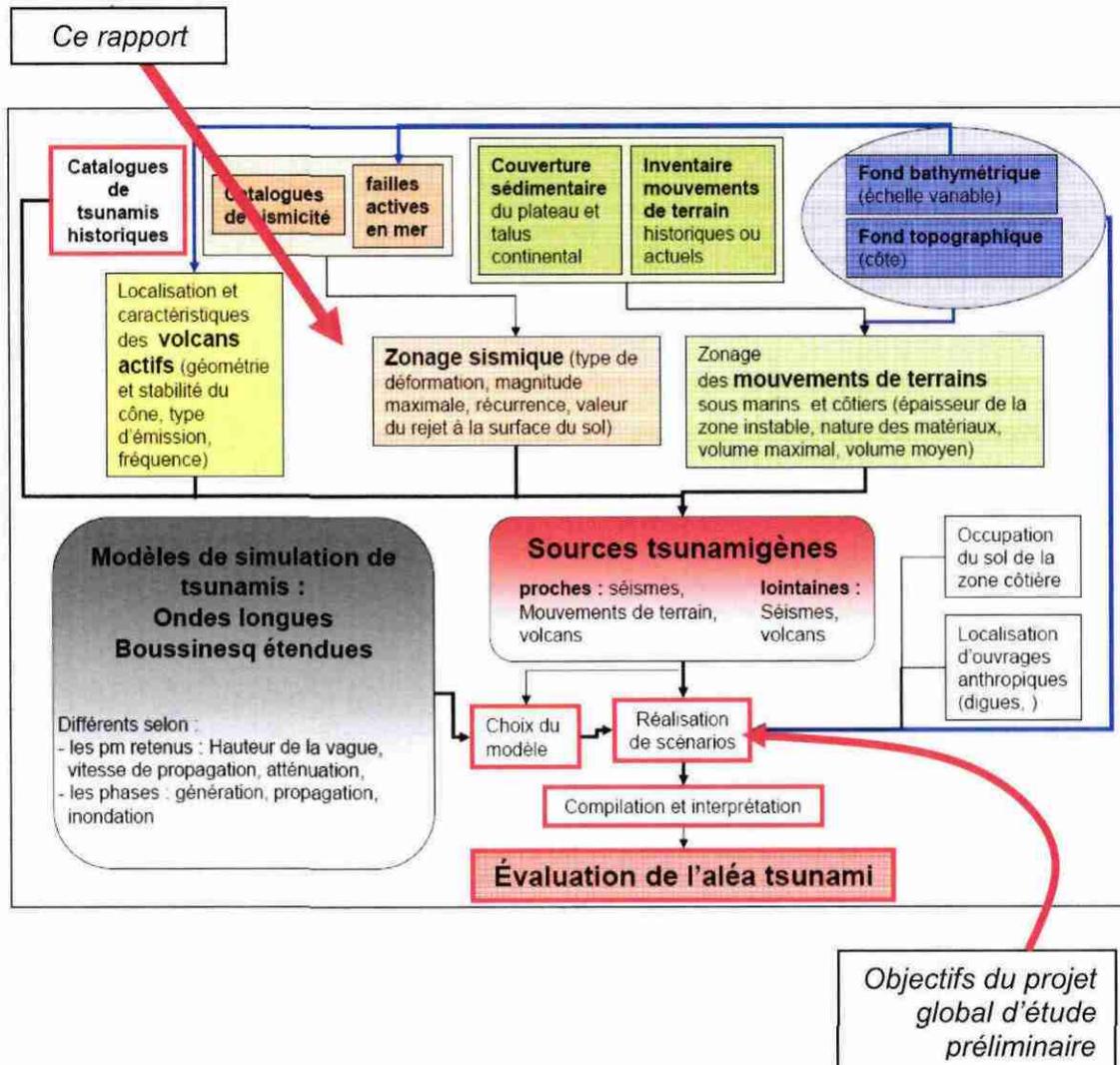


Figure 2 - Place du présent rapport dans la démarche de réalisation de scénarios tsunamis puis d'évaluation de l'aléa.

■ Les objectifs du projet global sont :

- 1) rechercher les zones tsunamigènes a priori les plus dangereuses pour les côtes méditerranéennes françaises.
- 2) simuler des événements tsunamigéniques, choix d'événements plausibles a priori parmi les plus catastrophiques : 3 sources proches et 3 sources lointaines.
- 3) acquérir les résultats de ces simulations en terme de hauteur des vagues au rivage et d'inondation (Roussillon, distance, vitesse), Cartographie à 1/100 000 et à 1/500 000.

■ Un tsunami (*du japonais tsu : port et nami : vague*) correspond à une série de vagues provoquée par une action mécanique brutale et de grande ampleur au niveau d'une mer ou d'un océan. Ces actions sont le plus souvent d'origine tectonique ou volcanique, mais un glissement de terrain ou un impact météoritique peuvent aussi en être la cause (contrairement aux autres vagues, les tsunamis ne sont pas créés par le vent). Suite à leur génération, les tsunamis se propagent dans toutes les directions, parfois sur plusieurs milliers de kilomètres, jusqu'à atteindre les côtes et exercer leur effet dévastateur.

La Méditerranée se trouve dans un contexte géodynamique actif. La zone de collision des plaques Afrique et Europe correspond à une région soumise à une sismicité fréquente.

Le présent rapport concerne la réalisation d'un zonage sismique à 1:2 000 000 de la Méditerranée occidentale, préalable à l'identification des sources tsunamigéniques d'origine sismique (Figure 2).

La réalisation de ce zonage sismique s'appuie :

- d'une part, sur la consultation des zonages sismiques existants (zonages de la France, l'Italie, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc, l'Espagne),
- d'autre part, sur l'interprétation des données tectoniques, bathymétriques et sismologiques.

Chaque zone est caractérisée par un mécanisme de rupture, l'évaluation de la magnitude ( $M_w$ ) du séisme maximal et l'estimation de la rupture en surface (rejet, longueur et superficie du plan de faille rompu).

Le choix des événements tsunamigéniques lointains s'appuiera sur les résultats de ce zonage.

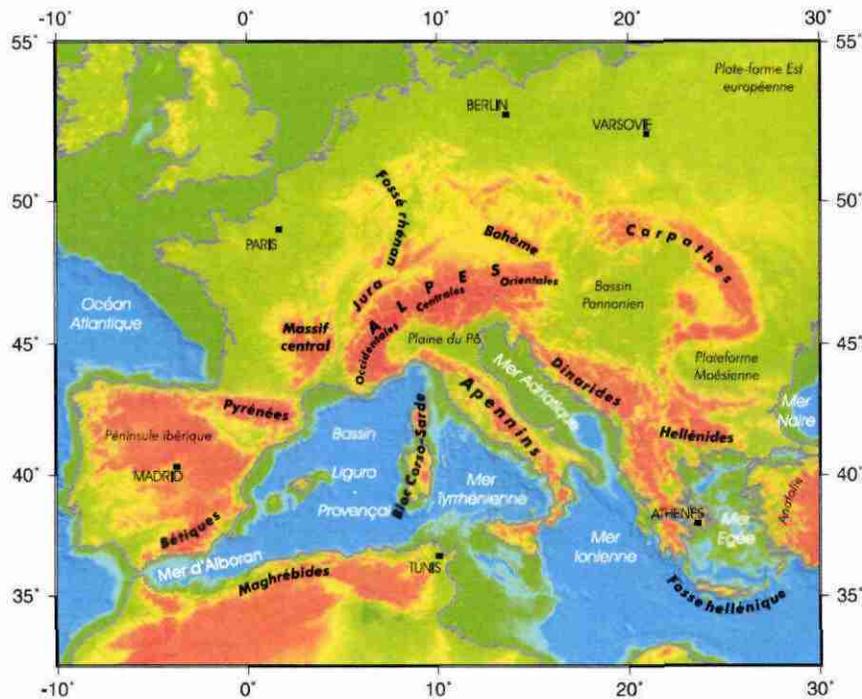


Figure 3 - Carte de situation des principales régions et structures géologiques en Europe et Méditerranée (extrait de Nocquet, 2002)

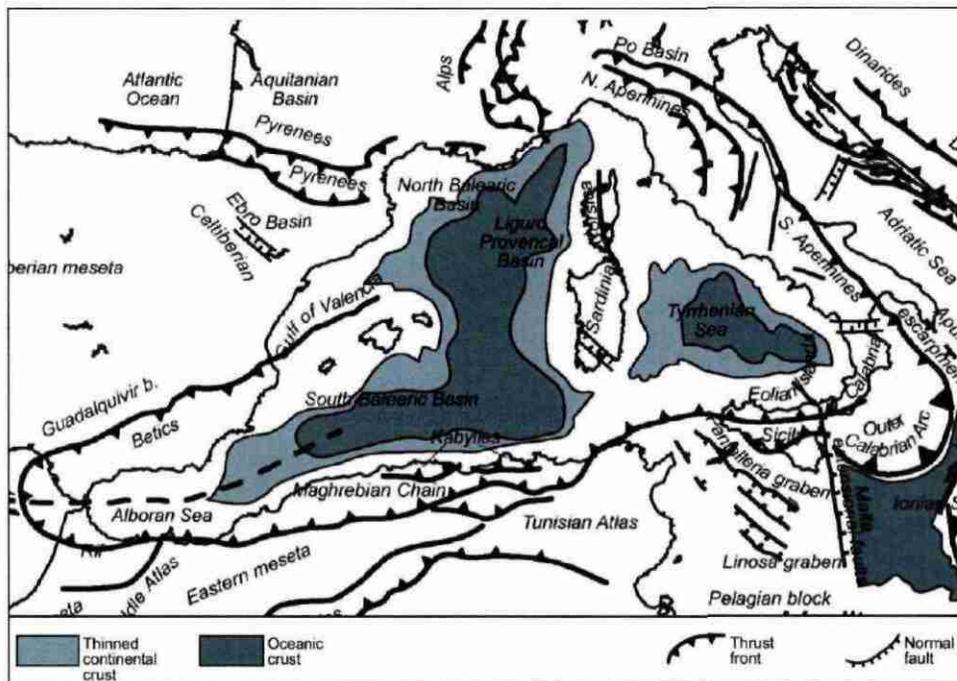


Figure 4 : Schéma tectonique de la Méditerranée occidentale, d'après Scalera (2005)

## 1.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les chaînes alpines (Cordillères Bétiques, Pyrénées, Alpes, Apennins, Dinarides) et les bassins de la Méditerranée occidentale (Figure 3) constituent la zone de frontière de plaques séparant l'Afrique de l'Eurasie. Cette frontière de plaques est caractérisée par une grande complexité géologique, fruit d'une histoire géodynamique pluriphasée.

Cette histoire a alterné des épisodes d'extension permettant la naissance de nouveaux océans et des périodes de convergence donnant lieu à des zones de subduction et à la création de chaînes de collision.

Le bassin algéro-provençal et la mer tyrrhénienne correspondent à deux bassins océaniques formés par extension au néogène, et cela au sein même de la zone de convergence Afrique-Eurasie (Figure 4).

### 1.2.1. Evolution géodynamique de la Méditerranée occidentale

Les principaux traits de l'histoire géodynamique de la Méditerranée occidentale sont indiqués ci-après (extrait de la synthèse faite par Nocquet, 2002), (Figure 5) :

A début du Mésozoïque, pendant le Trias (-250 à -200 Ma), la dislocation de la Pangée (super-continent qui regroupait tous les continents actuels) donne lieu à la création de la Téthys. Il s'agit d'un océan d'abord ouvert sur le domaine pacifique, accompagné d'une extension gagnant progressivement la future zone méditerranéenne et alpine avec l'ouverture de la Téthys – Ligure.

Au Lias (-200 à -175 Ma), l'Atlantique nord commence à s'ouvrir. Il sépare l'Eurasie de l'Amérique du Nord.

Du Jurassique moyen au Crétacé inférieur (-175 et -118 Ma), le mouvement de l'Afrique par rapport à l'Eurasie est en coulissement horizontal senestre. Ce mouvement est dû à l'ouverture de l'océan atlantique central, c'est-à-dire à la séparation de l'Afrique avec l'Amérique du Nord.

A la limite du Jurassique moyen et supérieur (vers -155 Ma), ce mouvement s'accompagne de l'ouverture de l'océan alpin (liguro-piemontais ou sud-pennique) au niveau des futures Alpes centrales et occidentales. L'océan alpin se situe dans le prolongement ouest de la Téthys. Il va séparer les futurs domaines Briançonnais et austro-alpin.

Durant le Crétacé inférieur (vers -130 Ma), au niveau des futures Alpes centrales, il s'agit de l'ouverture de l'océan Valaisan (ou nord pennique), océan étroit et éphémère, car ouvert et fermé au Crétacé.

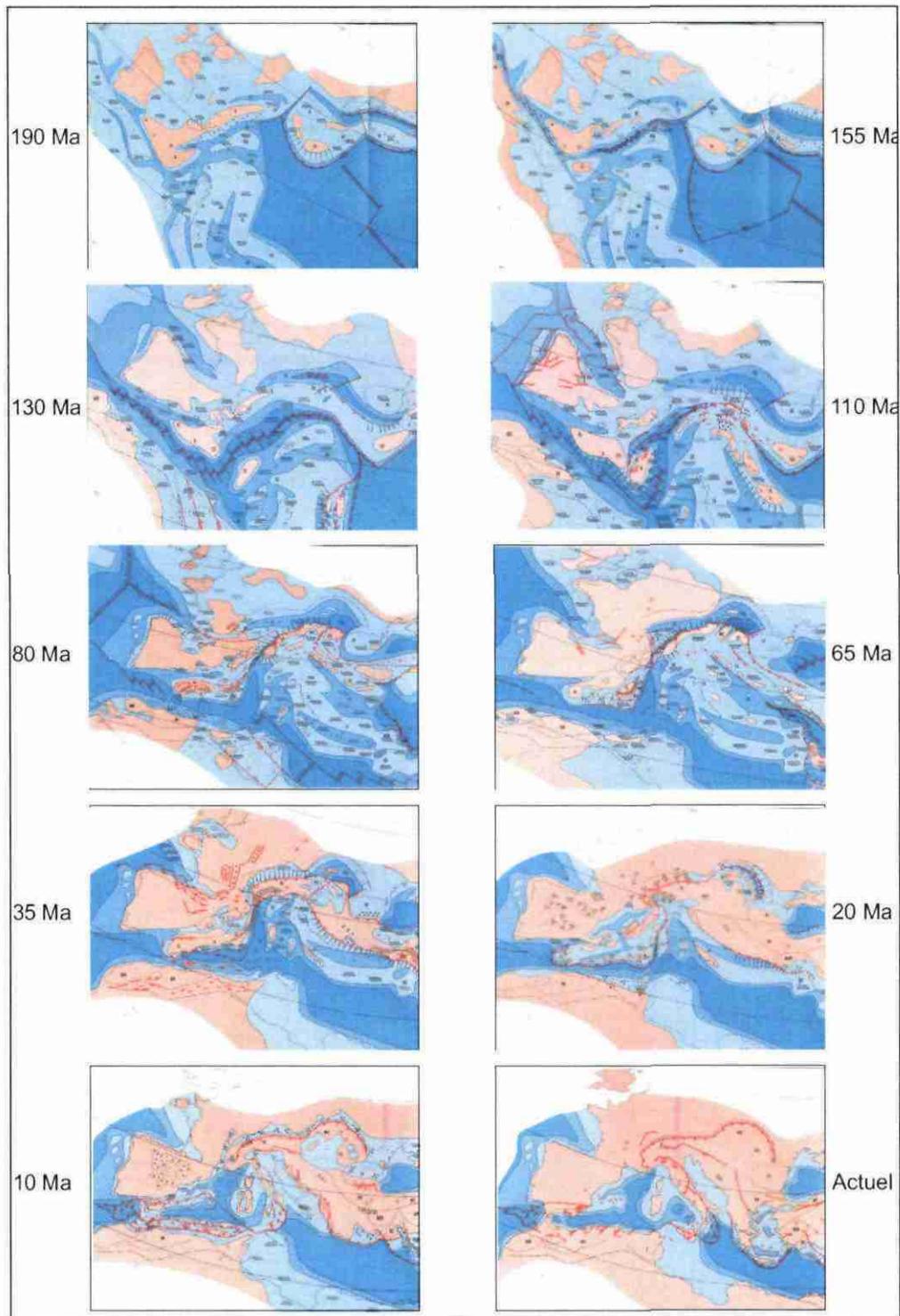
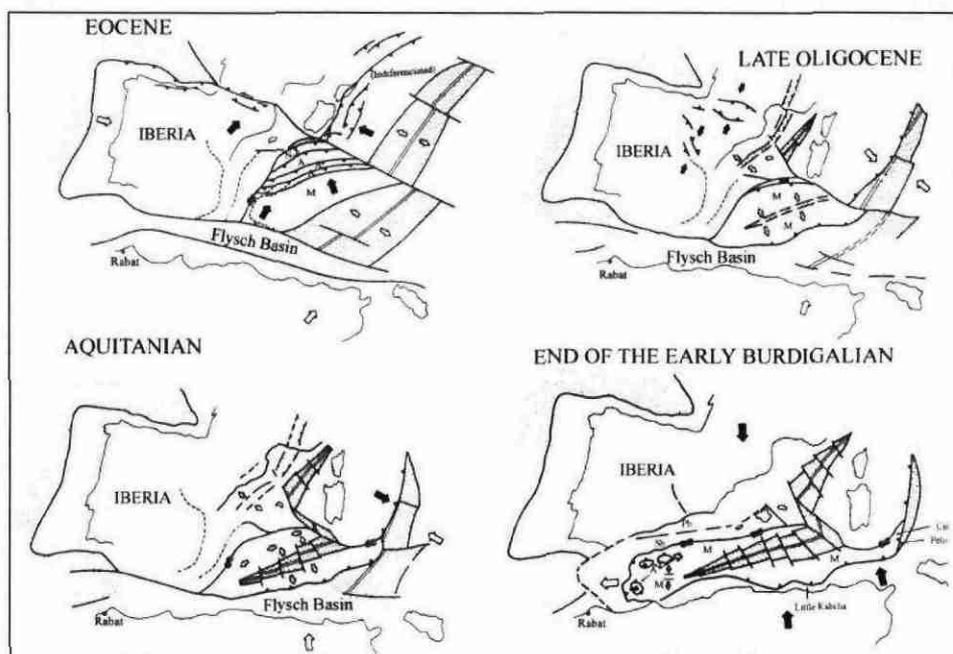


Figure 5 - Reconstitution paléogéographique de l'histoire de la Méditerranée (Dercourt et al., 1986)

De la fin du Crétacé moyen au début du Crétacé supérieur (- 118 à -84 Ma), c'est le début de la fermeture de l'océan téthysien. La collision entre les plaques Afrique et Eurasie démarre dans la partie nord de l'océan alpin ; les premiers éléments compressifs sont enregistrés dans les Alpes orientales.

Du Crétacé supérieur (-84 à -65 Ma) à l'Eocène (-53 à -34 Ma), les deux continents Afrique et Eurasie sont en collision. La subduction océanique fait place à la subduction continentale. La Téthys a disparu. C'est à l'Eocène que la compression atteint son paroxysme, avec notamment plissement et chevauchement dans les Alpes et formation de la chaîne pyrénéo-provençale dans le sud de la France.

Durant l'Eocène terminal à l'Oligocène inférieur (-35 à -30 Ma environ), une phase de distension intracontinentale affecte le nord-ouest de l'Europe depuis l'actuel golfe du Lion jusqu'au fossé rhénan, tandis que la compression est généralisée dans les Alpes et qu'au sud se mettent en place les premiers reliefs de la chaîne maghrébine.



Les flèches noires indiquent la direction de déplacement des plaques. Les flèches blanches montrent les zones de création de croûte océanique. Triangles: subduction active. A : Alpujarride, M : Malaguide, N-F : Nevado-Filabride, Pb : Prebetic, Sb : Subbetic

Figure 6 – Ouverture des bassins liguro-provençal et tyrrhénien de la fin de l'Oligocène au Miocène, d'après Casado et al. (2001)

De l'Oligocène supérieur au début du Miocène (autours de -30 à -20 Ma), l'ouverture des bassins liguro-provençal et tyrrhénien se réalise alors que la convergence NS de l'Afrique et de l'Eurasie se poursuit et que le front de déformation alpin avance vers les avant-pays (Figure 6). Cette ouverture est interprétée comme des bassins arrière-arcs associés au retrait du slab (subduction de la plaque adriatique sous la plaque eurasiennne) aujourd'hui sous les Apennins.

Au Miocène supérieur (-9 Ma), le mouvement de l'Afrique par rapport à l'Eurasie prend sa direction actuelle vers le NW. L'ouverture des bassins de la Méditerranée occidentale est localisée uniquement dans la partie sud-est de la mer tyrrhénienne.

### 1.2.2. Mouvement actuel des plaques

La complexité géologique passée semble se continuer dans l'actuel comme l'atteste la diversité des régimes de déformation dans cette région, incluant par exemple des structures en compression comme les Dinarides ou les *Maghrébines*, de l'extension dans le coeur des Apennins et du décrochement dans les Alpes occidentales (Figure 7).

Par ailleurs, l'existence de blocs rigides (plaque adriatique, bloc Corso-Sarde, bloc Ibérique) indépendant des deux grandes plaques tectoniques et la présence de phénomènes géodynamiques régionaux contribuent à modifier significativement le champ de déformation lié à la convergence de l'Afrique vers l'Eurasie.

Outre le fait que dans cette zone de frontière de plaques coexistent donc des régimes de déformation distensif et compressif, la vitesse de mouvement des plaques n'y est pas uniforme. C'est ce que montre J.M. Nocquet (2002) à partir de l'analyse de données géodésiques et sismotectoniques.

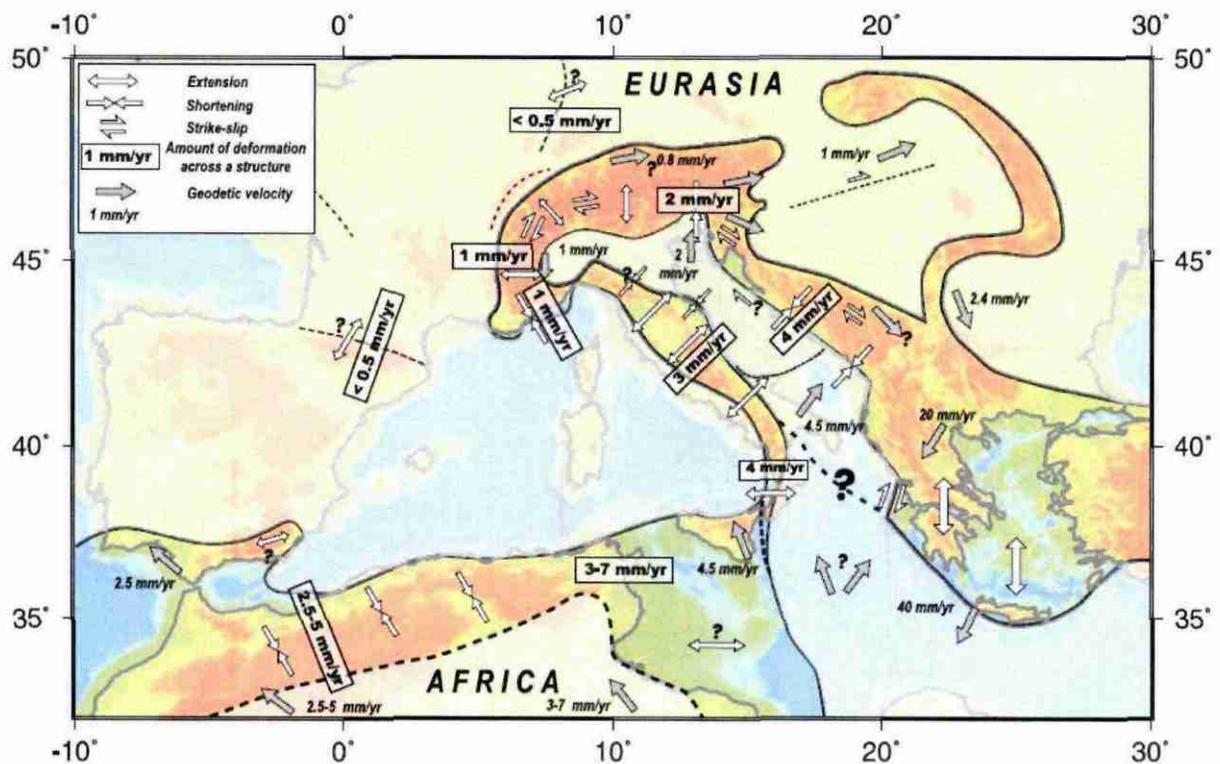


Figure 7 - Synthèse cinématique en Europe-Méditerranée occidentale et centrale (d'après Nocquet, 2002)

Ainsi parmi les principaux résultats obtenus par Nocquet (2002), on cite :

- La direction et vitesse de convergence Afrique/Europe

En Méditerranée occidentale, la direction de convergence est N 45°W ( $\pm 20-30^\circ$ ). En amplitude, la vitesse de convergence va de 3 à 8 mm/an à la longitude de la Sicile et de 2.5 à 5 mm/an à la longitude de Gibraltar. La zone de déformation accommodant cette convergence s'étend des Cordillères Bétiques, aux chaînes du Maghreb, la Sicile, les Apennins, les Alpes et les Dinarides où la déformation rejoint celle connue en Grèce continentale et Mer Egée.

- La rotation de la plaque adriatique et l'extension de la chaîne des Apennins

La figure générale de la déformation de cette frontière de plaques est aussi marquée par la rotation de la plaque adriatique. Cette rotation entraîne une extension NE-SW tout le long de la chaîne des Apennins, croissant de 2.5 mm/an dans le nord des Apennins à 4-5 mm/an dans sa partie sud. Le régime de déformation sur le front nord des Apennins reste néanmoins mal connu.

En Calabre, la direction d'extension devient EW.

Cette rotation implique par ailleurs une compression NE-SW dans les Dinarides, qui devient NS au niveau de la région du Frioul.

Nocquet (2002) souligne néanmoins les fortes incertitudes qui existent concernant le tracé, la sismicité et le régime de déformation de la frontière Adriatique/Afrique.

- Le régime de déformation décrochant à distensif dans les Alpes

Les données géodésiques permettent d'affirmer que la part de la convergence NW-SE Afrique/Europe dans les Alpes est très faible. Le régime de déformation correspondrait plutôt à une prédominance de cisaillement dextre combinée à de l'extension EW. Pour Nocquet (2002), cette déformation est compatible avec des conditions cinématiques aux limites imposées par la rotation de la plaque adriatique dans la plaine du Pô. Eventuellement, les forces de volume liées à la topographie pourraient avoir une contribution à l'extension dans le cœur de la chaîne.

Par ailleurs les données géodésiques indiquent que le raccourcissement NW-SE possible à travers les Pyrénées et les Alpes occidentales est très faible ( $< 0.5$  mm/an et  $< 1.5$  mm/an respectivement) et que le bloc Corso-Sarde est solidaire de l'Europe stable à la précision des mesures géodésiques.

Ces résultats suggèrent que la majorité de la convergence Afrique/Europe doit être absorbée dans les chaînes du Maghreb ou les failles inverses bordant au nord la marge maghrébine.

### 1.2.3. Les grands ensembles structuraux

#### ■ **Le bassin algéro-provençal**

Le bassin algéro-provençal est considéré comme un bassin d'arrière arc aujourd'hui inactif, ouvert au dessus de la subduction de la lithosphère africaine sous la plaque Eurasie. Comme cela est souvent le cas lors de l'ouverture et de l'évolution d'un océan, les marges de ce bassin ont connu : amincissement crustal, jeux de failles normales, rotation de blocs. L'ouverture du bassin a démarré au Nord-Est par le rifting liguro-provençal (entre -30 et -20 Ma), puis s'est poursuivie par la rotation antihoraire du bloc corso-sarde de 30°SW et l'ouverture et l'océanisation du bassin algero-provençal, au Miocène moyen (entre probablement -20 et -16 Ma), (Figure 5 et Figure 8).

**Le bassin liguro-provençal ou ligure**, orienté suivant une direction NE-SW se trouve entre le bloc continental corso-sarde et les Alpes méridionales. Depuis la marge longeant le massif des Maures jusqu'à Imperia, les nombreuses failles normales NE-SW à ENE-WSW qui la découpent, présentent un fort pendage vers le bassin, et délimitent un système de blocs basculés de petites dimensions (Chaumillon et *al.*, 1994). Les accidents NW-SE sont réactivées en décrochements dextres et semblent pour certains se poursuivre à terre. Ces failles NW-SE pourraient correspondre à d'anciennes failles transformantes du bassin océanique.

La marge est actuellement soumise à un régime compressif, qui pourrait traduire le début de la fermeture du bassin ligure. Plusieurs auteurs (dont Larroque et al, 2001 ; Laurent et *al.*, 2000 ; Bigot-Cormier, 2001) supposent l'existence d'un grand chevauchement crustal enraciné dans le socle externe de l'Argentera et dont le front serait situé à proximité du talus continental au large des côtes de Nice et de l'Italie. A l'arrière du front de chevauchement, les nombreuses failles normales NE-SW observées au niveau du plateau continental seraient des failles secondaires, liées à une distension affectant le compartiment chevauchant (Figure 9).

**La marge catalane et le golfe du Lion** forment un ensemble structuré de manière complexe : par la phase orogénique hercynienne et tardi hercynienne, par extension du Trias au Crétacé puis, par la tectonique compressive pyrénéenne du Crétacé supérieur à l'Eocène et enfin, par la tectonique extensive oligocène et postérieure.

On suppose que l'équivalent de la zone axiale pyrénéenne est actuellement effondré sous le golfe du Lion et de la Méditerranée. Vers l'Est la faille nord pyrénéenne pourrait ainsi être étendue jusqu'au large de la marge toulonnaise (au sud de la latitude 43°).

Au niveau du golfe du Lion, entre le système faillé de Nîmes et le prolongement supposé de la faille nord pyrénéenne, Gorini (1996) et Benedicto Esteban (1996), interprètent un domaine d'extension du socle anté-triasique par des failles d'échelle crustale à faible pendage. Au sud, entre la faille nord pyrénéenne et la croûte océanique, la déformation extensive correspondrait plutôt à des basculements de blocs

La marge catalane inclue la cordillère côtière catalane et le golfe de Valencia. La cordillère catalane est constituée de blocs surélevés à couverture paléozoïque et mésozoïque et de blocs affaissés remplis de sédiments néogènes et quaternaires. Cet ensemble est structuré par des failles NE-SW. Le golfe de Valencia correspond à la partie submergée des fossés néogènes et quaternaires.

La transition entre le golfe du Lion et la marge catalane correspond à un système de failles NW-SE interprété comme une zone de transfert, dite « faille catalane », actif aujourd'hui (Olivera et *al.*, 2003). Plus au Nord, Gorini (1996) interprète la faille arlésienne comme une autre faille de transfert qui limiterait au nord-est le domaine du golfe du Lion et représenterait l'ancienne limite sud-ouest du bassin dit du Sud-Est (bassin profond lié à l'extension liasique et caractérisé par une grande épaisseur de formations jurassiques) (Figure 10).

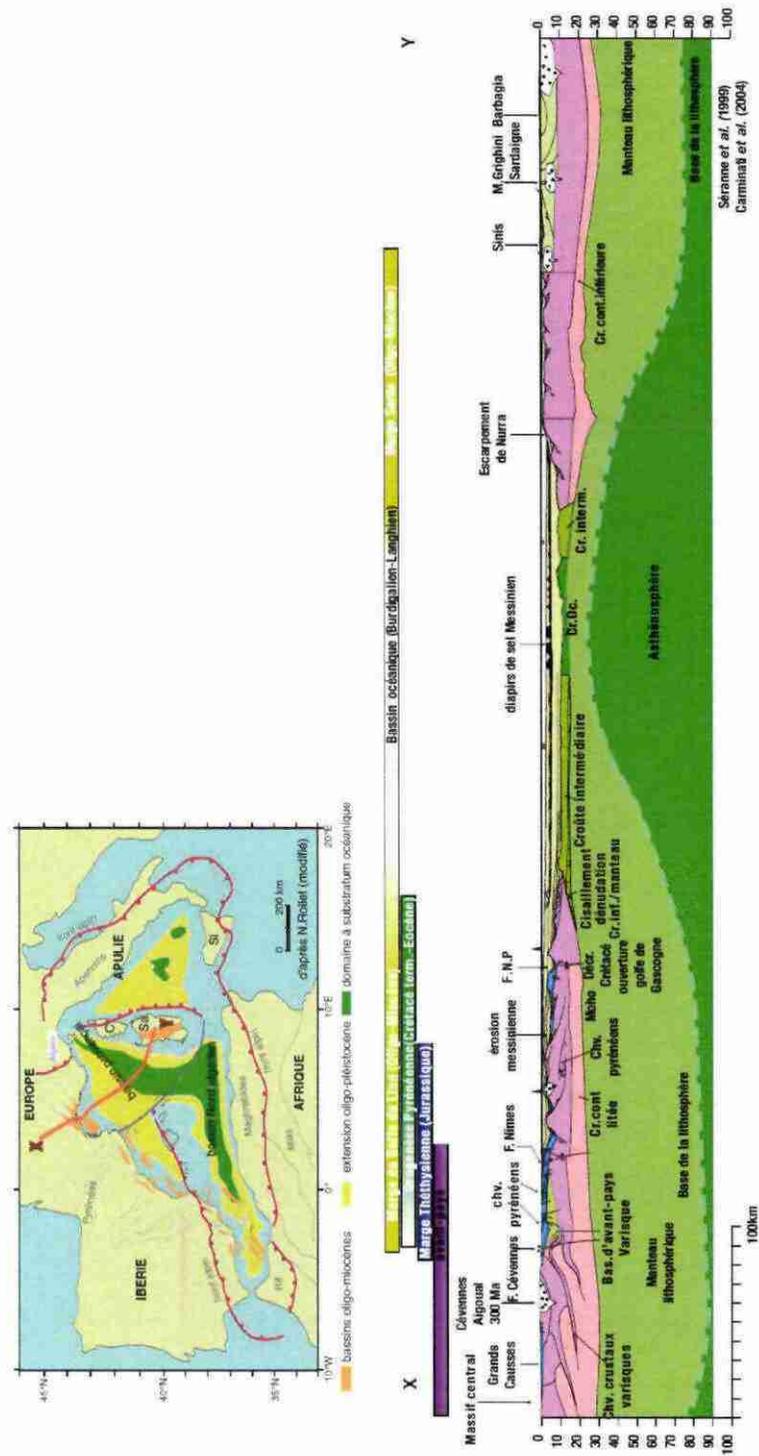
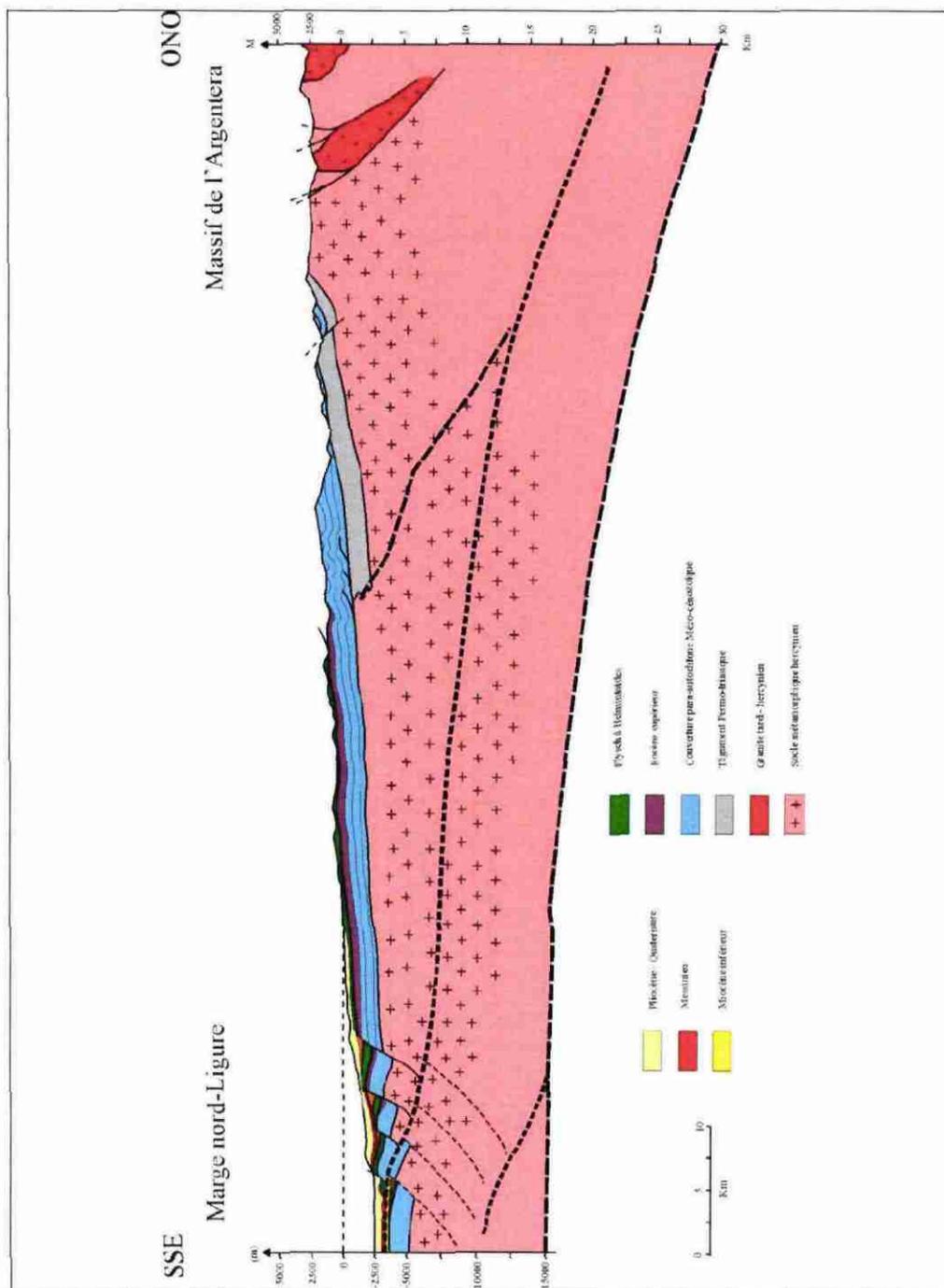
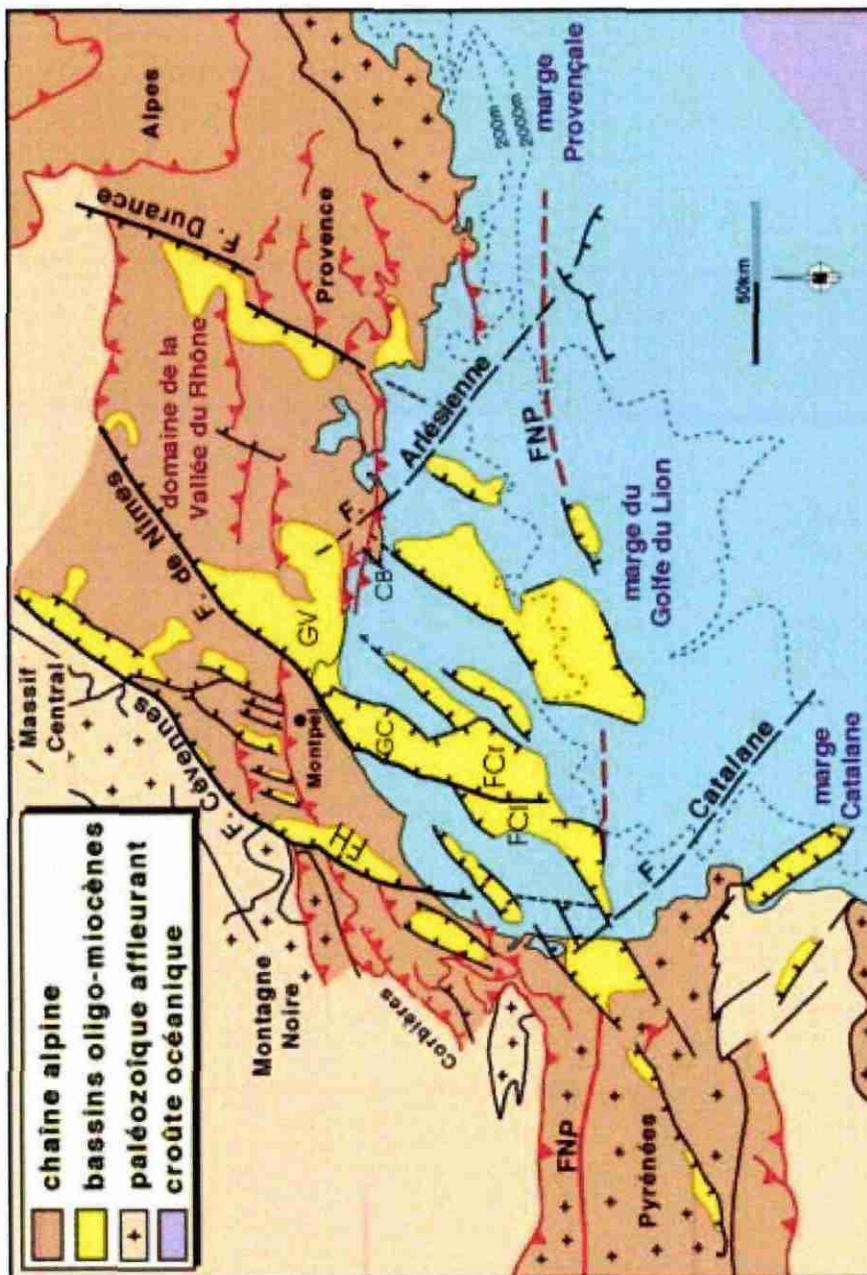


Figure 8 – Coupe à l'échelle de la lithosphère du bassin océanique provençal (d'après Séranne, 1999) et Carminati et al. (2004) in Lagabrielle et al., 2005)



Les failles normales observées dans la couverture seraient induites par un chevauchement crustal profond enraciné au niveau du massif de l'Argentera et dont le front se trouverait au pied du talus continental.

Figure 9 - Coupe structurale interprétative entre le massif de l'Argentera et la marge Nord Ligure (d'après Bigot-Cormier, 2002)



GC : graben Central ; GV : Graben de la Vistrinque ; FCr : fossé des Cathares ; FCI : fossé des Catalans ; FH : fossé de l'Hérault ; FNP : front nord pyrénéen

Figure 10 - Schéma structural de la marge du golfe du Lion et principaux accidents décrochants de la Provence occidentale.(d'après Séranne, 1999)

### ■ **Le bassin tyrrhénien**

La partie nord du bassin tyrrhénien a probablement subi une extension dès l'Oligocène supérieur (-30 à -25 Ma), contemporaine à l'ouverture du bassin ligure.

Entre le bassin tyrrhénien et le bassin liguro-provençal, depuis la marge est de la Corse jusqu'à celle de la Toscane, la lithosphère a été très étirée, sans toutefois aboutir au stade d'océanisation. Ainsi, la croûte continentale au nord-est de la Corse et sur la marge toscane atteint respectivement 12 km et 22 km. Alors qu'au niveau de la Corse, son épaisseur est d'environ 30 km (Figure 11).

Au sud du bassin tyrrhénien, l'extension a par contre été plus importante puisqu'elle a abouti à la formation d'une croûte océanique. Cette extension a commencé au Miocène moyen, puis a migré vers le sud-est au Pliocène inférieur.

### ■ **La plaque adriatique**

Située au niveau de l'actuelle mer adriatique et de la plaine du Pô, la plaque adriatique est interprétée comme une petite plaque rigide bordée à l'est, au nord et à l'ouest par des chaînes de montagnes actives, avec les Albanides, les Dinarides, les Alpes et l'Apennin. La plaque adriatique subit aujourd'hui un mouvement de rotation antihoraire, le pôle étant situé en Ligurie (Figure 12 et Figure 13).

La subduction de la plaque adriatique sous les Apennins induit à l'arrière du front chevauchant et dans la lithosphère chevauchante des déformations normales.

Au sud, la plaque adriatique serait limitée par l'escarpement de Malte (Casado et *al.*, 2001).

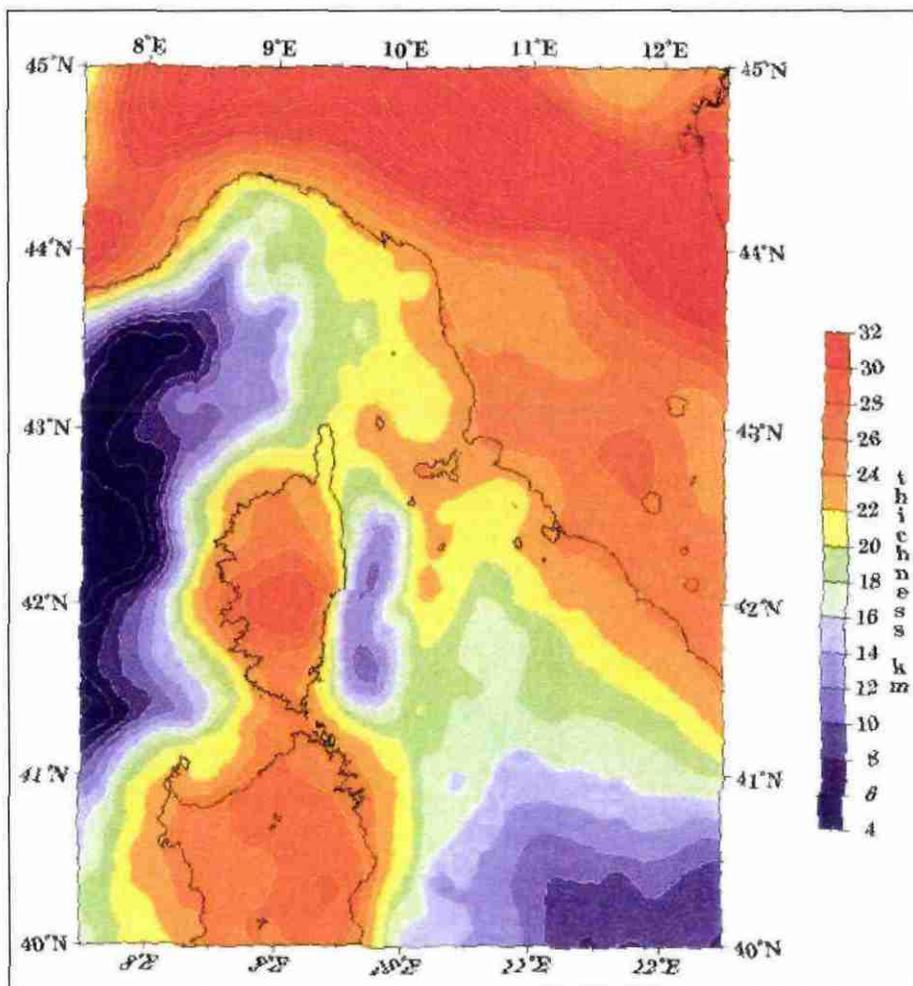


Figure 11 - Epaisseur de la croûte au nord du bassin tyrrhénien (d'après Contrucci, 1999)

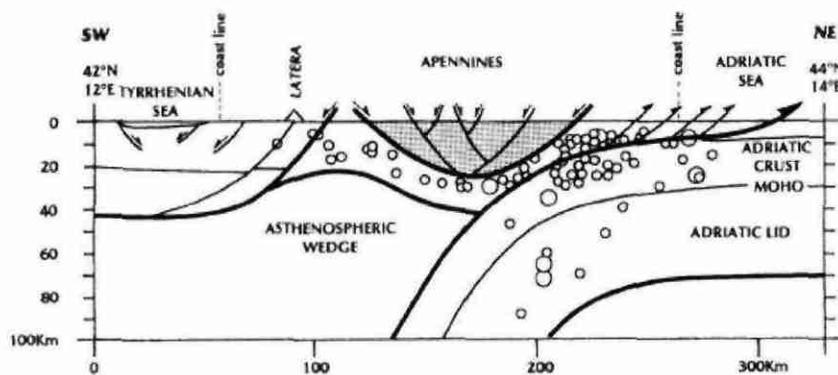
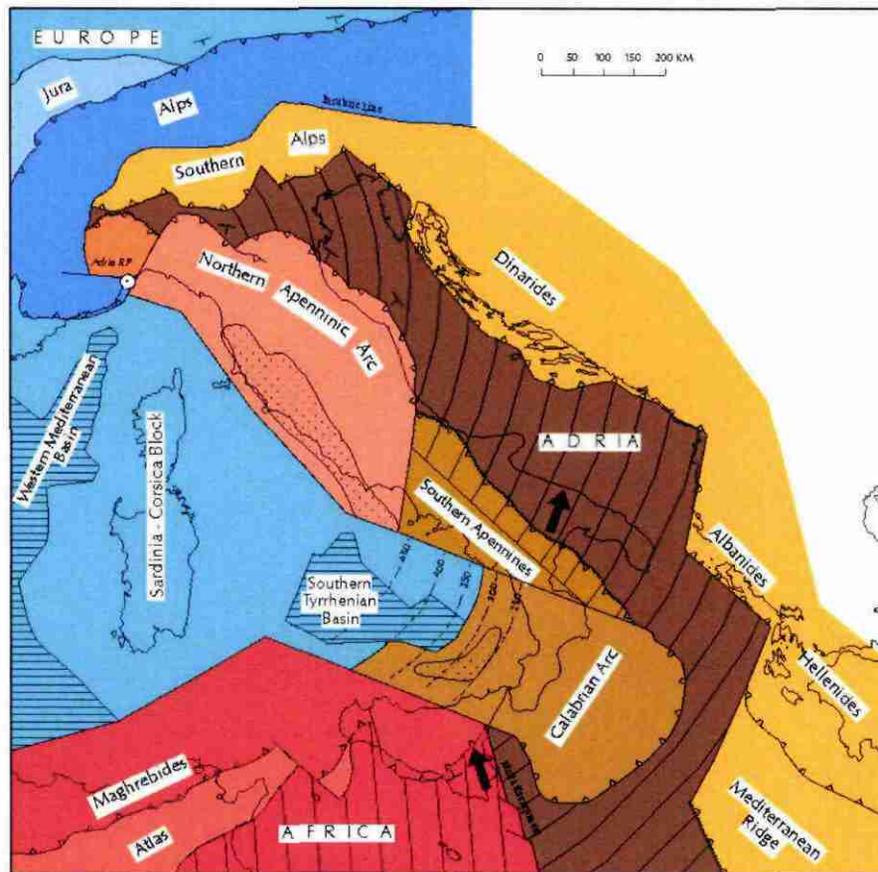


Figure 12 – Coupe schématique de la lithosphère au niveau du nord de l'arc appenin (Italie) d'après Melletti et al. (1995), in Melletti et al. (2000)



Rp est le pôle de rotation de la microplaque adriatique ; les flèches noires indiquent le sens de mouvement de la plaque d'après les mesures géodésiques

Figure 13 - Schéma structural de l'Italie et régions voisines, d'après GSHAP (<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adrial>)

### ■ **La mer d'Alboran et la marge nord maghrébine**

La limite de plaques Eurasie et Afrique, depuis le banc de Gorrings (au large du Portugal) jusqu'à la Tunisie est constituée par une zone assez large de déformation limitée au Sud par l'atlas saharien et au nord par la cordillère bétique (Figure 14). Cette zone est aujourd'hui soumise à une tectonique compressive NS à NW-SE dans le Rif et les Bétiques et, à une tectonique en extension E-W dans la mer d'Alboran (Figure 15).

Plusieurs modèles ont été proposés pour expliquer la tectonique trans-tensive entre le nord-ouest de l'Afrique et la péninsule Ibérique. Ces modèles invoquent plusieurs types de mécanismes à des échelles variables (Figure 16) :

- ✓ Une simple convergence N-S induisant une extension E-W dans la région d'Alboran (Buforn et Udias, 1991 ; Figure 16 B) ;
- ✓ Une déformation distribuée avec des rotations de blocs limités par de grands accidents décrochants (Vegas, 1991 ; Figure 16 C) ;
- ✓ L'extrusion des blocs Ibérique et Marocain vers l'Ouest (Fonseca et Long, 1991 ; Figure 16 D).
- ✓ L'expulsion du bloc d'Alboran vers l'ouest (Rebai et *al.*, 1992 ; Figure 16 E) ;
- ✓ Une grande zone de cisaillement E-O s'étendant depuis l'Atlantique jusqu'au Tell Algérien, avec des blocs bordés par des décrochements et tournant autour d'un axe vertical (Morel et Meghraoui, 1996 ; Meghraoui et *al.*, 1996 ; Figure 16 F)

Concernant la marge nord maghrébine, des campagnes de reconnaissance sismiques et bathymétriques de haute résolution ont été conduites au large de la côte nord algérienne (campagne MARADJA, 2003) et ont ainsi permis à Deverchère et *al.* (2005) puis Yelles et *al.* (soumis) de démontrer l'existence et l'importance des failles inverses à vergence nord (Figure 17). Il est maintenant établi que le séisme de Boumerdès, en mai 2003, soit dû au rejeu d'une de ces failles inverses à vergence nord.

Pour Yelles et *al.* (soumis), les chevauchements à pendage sud et vergence nord localisés le long de la marge nord maghrébine correspondraient aux failles les plus actives de cette partie de limite de plaque. La faille la plus importante, actuellement connue, se trouve au large d'Alger, elle atteint 80 km de longueur, sa vitesse de mouvement est de l'ordre de 0,4 mm/an ( $\pm 0,1$ ), la magnitude maximale attendue pour cette faille avoisine 7. Cependant selon ces auteurs, d'autres failles majeures tout aussi actives, voire même avec un potentiel sismogène plus fort, doivent co-exister le long de cette marge.

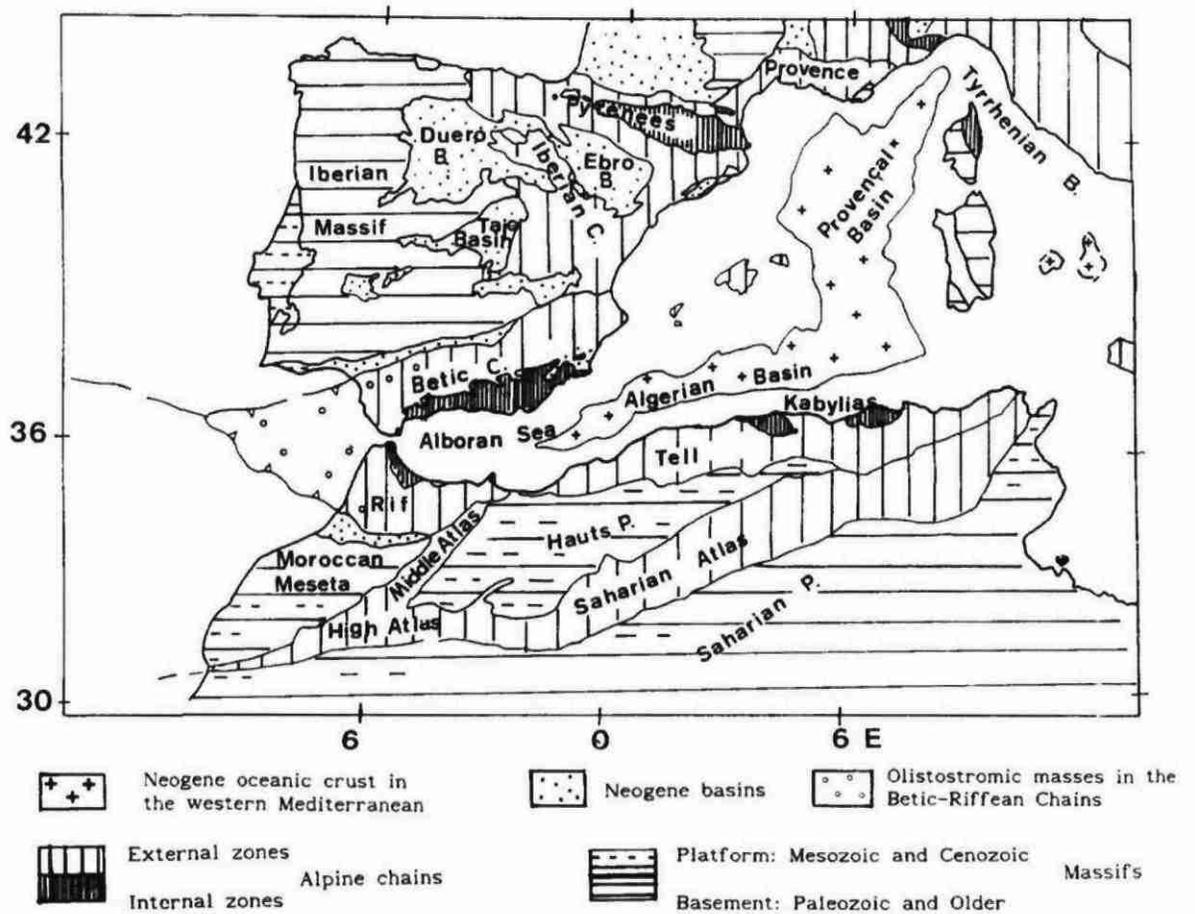


Figure 14 - Principaux ensembles géologiques de la région ibero-maghrébine (d'après Buforn et al., 1995)

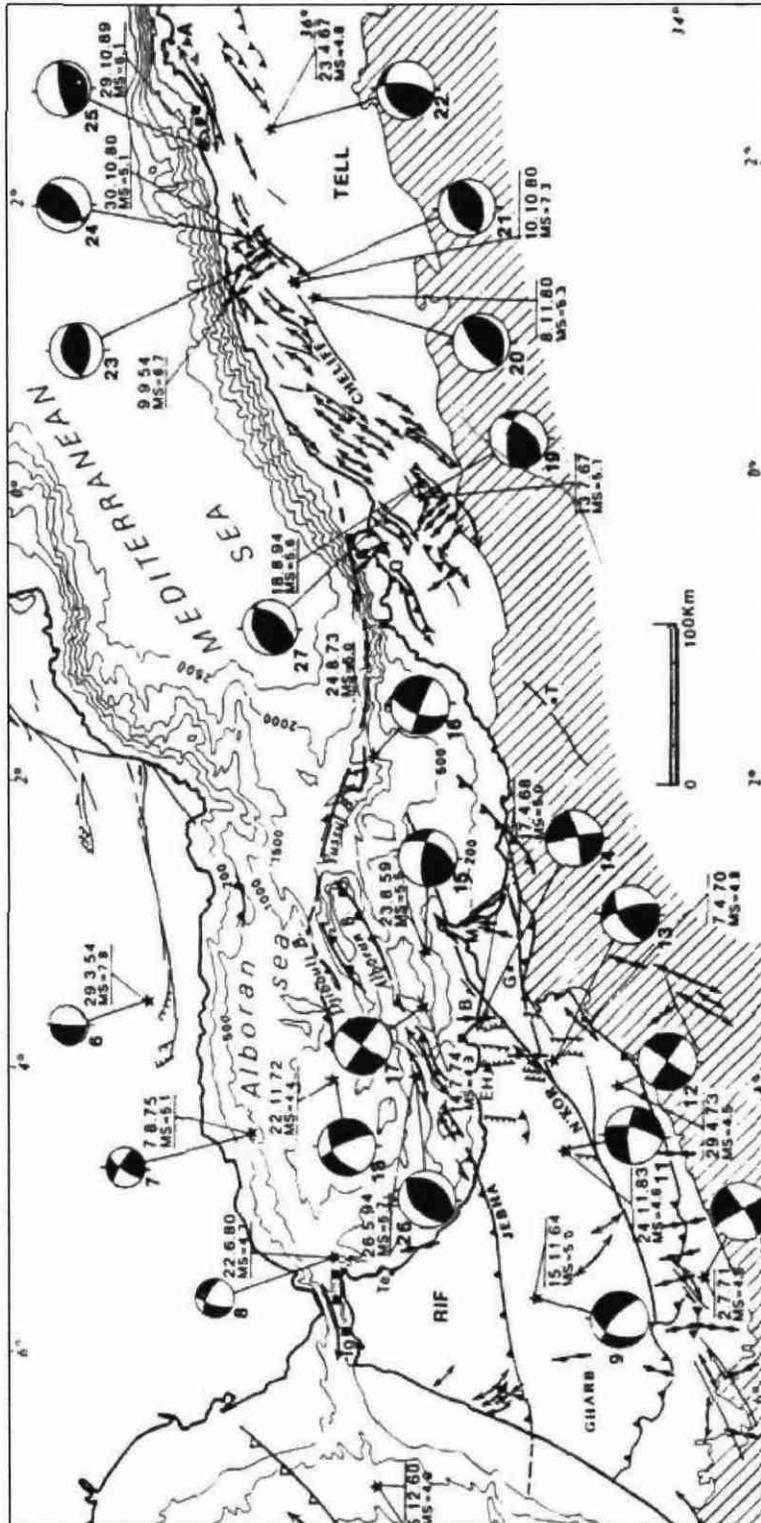
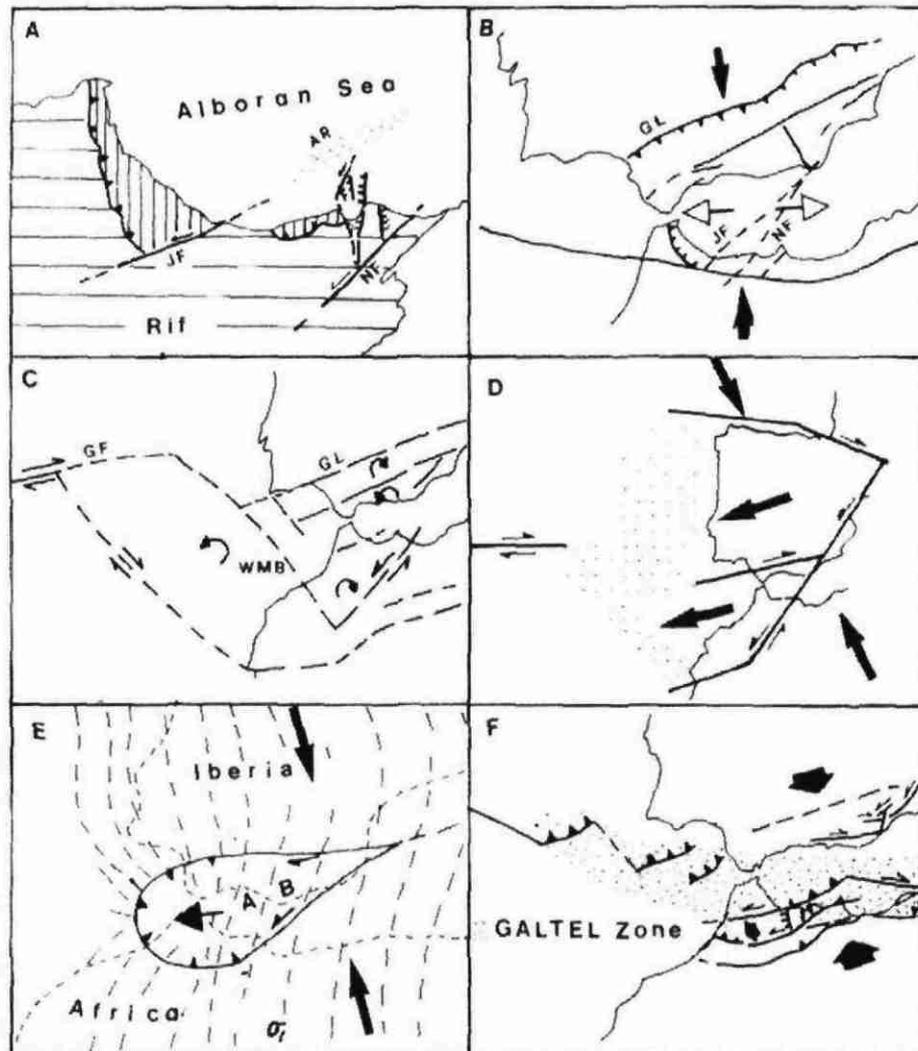


Figure 15 -Extrait de la carte néotectonique et sismotectonique de la région du Rif – Tell et mer d'Alboran de Morel et Méghraoui (1996)



A/ Schéma du Rif septentrional: les zones hachurées verticales correspondent aux zones internes; les zones hachurées horizontales correspondent aux zones externes; les zones pointillées à terre représentent les bassins récents (Miocène supérieur à Plio-Quaternaire).

B à F/ modèles géodynamiques pour la Méditerranée occidentale et la zone atlantique invoquant plusieurs mécanismes différents. B/ Simple convergence (Buforn et Udias, 1991); C/ Déformations distribuées associées à des rotations de blocs (Vegas, 1991). D/ et E/ extrusion de blocs l'Ouest (D d'après Fonseca et Long, 1991 ; C d'après Rebai et al, 1992). F/ Cisaillement E-W complexe avec extrusions et rotations (Morel et Meghraoui, 1996 ; Meghraoui et al., 1996).

JF: Faille de Jehba; NF: Faille du Nékor; AR: Ride d'Alboran; GL: Linéament de Guadalquivir ; GF: Faille de Gloria ; WMW: Bassin Marocain Occidental ; AB: Bloc d'Alboran ; GALTEL : Gloria-Alboran-Tell zone. Les flèches épaisses correspondent aux mouvements des blocs. Les flèches fines correspondent aux déplacements le long des failles.

Figure 16 – Synthèse de quelques uns des modèles proposés pour expliquer la géodynamique actuelle (à différentes échelles) de la frontière Afrique-Europe au niveau de la mer d'Alboran (d'après El Alami et al., 1998).

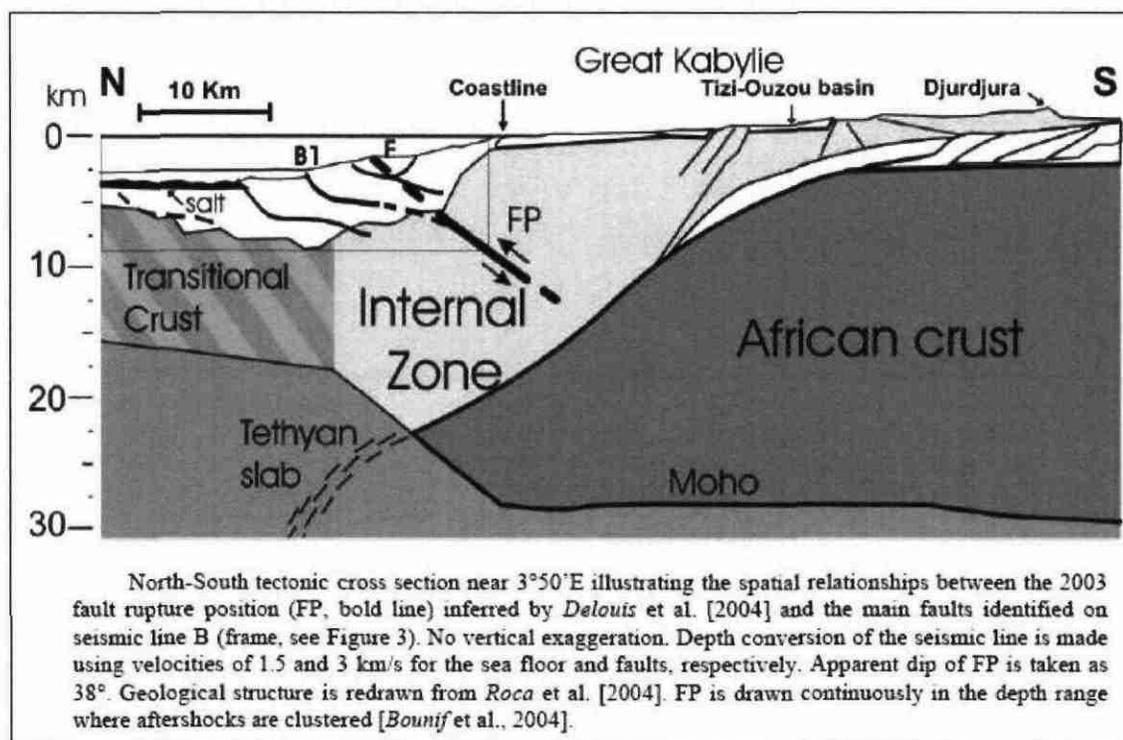


Figure 17 - Coupe NS de la marge nord algérienne, d'après *Deverchère et al.* (2005) : FP, faille active lors du séisme de 2003 ; identification de failles inverses à vergence nord au large de la marge.

#### 1.2.4. La profondeur du Moho

La discontinuité de Mohorovicic (ou Moho) est interprétée comme la limite physique et chimique entre la croûte et le manteau supérieur. La carte de la profondeur du Moho de la Méditerranée occidentale a récemment été actualisée par *Nocquet* (2002), (Figure 18).

Au niveau de cette carte, les bassins algero-provençal et tyrrhénien sont nettement individualisés. Le Moho y a une profondeur variant entre 25 km à 15 km. Il s'agit d'une croûte peu épaisse, étirée ou océanisée lors de l'ouverture des bassins.

Les racines de collision cénozoïques, telles que les Bétiques, les Pyrénées, les Alpes, les Dinarides sont par contre caractérisées par des épaisseurs crustales importantes (jusqu'à 55 km).

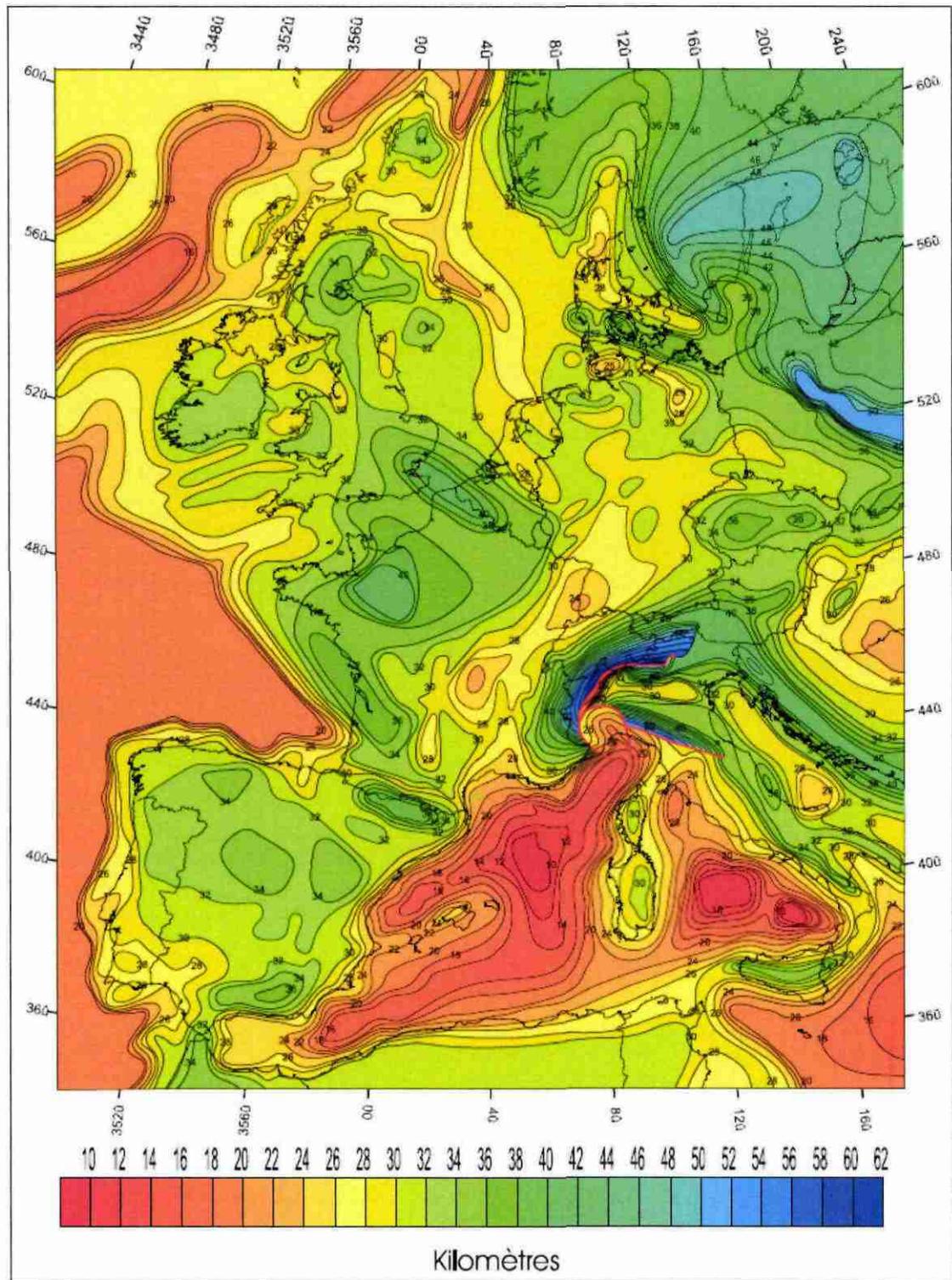


Figure 18 -Carte de la profondeur du Moho (limite croûte-manteau) en Europe compilée par Ziegler et Duezes pour le projet EUCOR-URGENT (<http://comp1.unibas.ch>), figure extraite de la thèse de Nocquet (2002)



## 2. Inventaire des données

### 2.1. SEISMES HISTORIQUES

#### 2.1.1. Le CSEM

Le CSEM souhaite réaliser une base de données Euro-méditerranéenne des événements historiques. La structure envisagée pour cette base, intitulée EMID – European-Mediterranean Intensity Database, est consultable sur Internet à l'adresse suivante : <http://emidius.mi.ingv.it/EMID/>. Cette base reste aujourd'hui à l'état de projet.

#### 2.1.2. France

La France dispose d'une base de données nationale sur les séismes ressentis durant la période historique à aujourd'hui. Il s'agit de la base Roussillon

Concernant la base SisFrance/Métropole, celle-ci rassemble 6 000 séismes ressentis sur le territoire français métropolitain ou sur ses proches frontières et ce depuis plus de mille ans.

Parmi ces 6 000 séismes, il s'agit : 1) d'au moins 1 800 épicentres, d'intensité supérieure ou égale au degré IV, 2) de 100 000 observations ou localités ayant plus ou moins fortement subi un séisme, 3) de 10 000 références documentaires témoignant de l'activité des tremblements de terre au cours des temps.

Le plus ancien séisme daté et localisé en France remonte à l'an 463. La base SisFrance/Métropole est gérée par le BRGM, en collaboration avec EDF et l'IRSN. Elle est consultable à l'adresse suivante : <http://www.sisfrance.net/>

L'intensité épicentrale des séismes est estimée en degré MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Une appréciation de la qualité de l'information est indiquée aussi bien pour la localisation épicentrale que pour l'intensité du séisme.

#### 2.1.3. Espagne

Il n'existe pas de catalogue homogène sur la sismicité historique de l'Espagne. Plusieurs sources d'information sont par contre disponibles. Parmi celles-ci :

a) Une liste de 26 séismes majeurs survenus en Espagne durant ce dernier millénaire est accessible sur le site :

[http://www.fomento.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/DIRECCIONES\\_GENERALES/INSTITUTO\\_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm](http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm)

En plus de l'intensité épacentrale (en degré MSK), une estimation de la magnitude des séismes est indiquée.

b) Liste de séismes survenus au cours du XXème siècle en Espagne, extrait de la publication de Samardjieva et *al.* (1998).

Cette base de données concerne les séismes ressentis et enregistrés au niveau de la péninsule ibérique et au Maghreb entre 1912 et 1940. Pour chaque séisme l'intensité épacentrale (en degré MSK) et la magnitude du séisme sont indiquées.

#### **2.1.4. Maghreb**

La Banque de données sismologiques historiques de la sismicité en Algérie est consultable à l'adresse :

[http://www.craag.edu.dz/ess/labos/banque\\_donnees/Histo/histo\\_seismes.htm](http://www.craag.edu.dz/ess/labos/banque_donnees/Histo/histo_seismes.htm)

Il s'agit d'une liste de 26 séismes de forte intensité localisés en Algérie depuis l'an 1365. Pour chaque séisme listé, la magnitude probable est indiquée.

#### **2.1.5. Péninsule ibérique et Maghreb**

■ La péninsule ibérique et le Maghreb ont fait l'objet d'une première publication de catalogue de séismes historiques en 1983 par Mezcua et Martinez Solares. Ce document présente une liste de séismes connus dans l'antiquité jusqu'à 1980. Chaque événement est caractérisé par sa date, ses coordonnées épacentrales (longitude, latitude), la zone géographique correspondante, et selon l'information, son intensité épacentrale (en MSK) et /ou sa magnitude.

■ Dans le cadre du projet GSHAP, une liste des séismes majeurs ( $M_o \geq 4,5$ ) localisés dans la zone Ibero-Maghreb et survenus entre 1900 to 1989 est donnée. L'intensité des séismes est exprimée en degré MSK, la valeur de magnitude estimée est une magnitude  $M_w$ . Les données sont accessibles sur le site :

<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/report.html>

#### **2.1.6. Italie**

La péninsule italienne dispose d'une base de données historiques, avec 2550 événements survenus entre l'an -217 à l'an 2002 référencés. Cette base est accessible à l'adresse suivante :

[http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/CPTI\\_finestre.html](http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/CPTI_finestre.html)

L'intensité épacentrale est indiquée en degré MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg).

Par ailleurs concernant les séismes de la période antique à 1980, une magnitude moyenne,  $M_a$ , est indiquée grâce à une relation linéaire empirique calculée dans le cadre des travaux du Gruppo di lavoro MPS (Gruppo di Lavoro CPTI, 1999 - ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 1999, 92 pp.). Les résultats sont disponibles à l'adresse :

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI99/presentazione.html#reltab>

### **2.1.7. Base de l'USGS/NOAA (Etats Unis)**

Le NGDC (National Geophysical Data Center) du NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) des Etats Unis, gère une base de données des grands séismes historiques connus dans le monde (The Significant Earthquake Database). Les plus anciens séismes connus datent de 2150 avant J.C. La base de données indique la région épacentrale du séisme, ses coordonnées, et, selon le cas, son intensité épacentrale en degré MM (Mercalli Modifiée), la magnitude macrosismique estimée. Par ailleurs des indications sont apportées sur les dommages générés et éventuellement sur la possibilité du séisme à avoir généré un tsunami.

La base de données est consultable à l'adresse suivante :  
<http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/form?t=101650&s=1&d=1>

## **2.2. SISMICITE INSTRUMENTALE**

### **2.2.1. Base de données de l'USGS/NEIC**

La base de données l'USGS/NEIC a été créée en 1973. Les données proviennent de différents catalogues mondiaux. Elle est consultable à l'adresse suivante :  
<http://neic.usgs.gov/neis/epic/>

La sélection des séismes peut s'effectuer sur plusieurs champs (date, zone géographique, tranche de magnitude, etc.).

### **2.2.2. Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM)**

Le Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (CSEM) ou European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC) créé en 1975 a pour vocation la détection dans un délai le plus court possible de séismes survenus dans du bassin méditerranéen. Les données sont consultables à l'adresse suivante :

<http://www.emsc-csem.org/index.php?page=home>

Le CSEM prévoit une mise en ligne de la base de données instrumentales.

## **2.3. MECANISME AU FOYER**

### **2.3.1. Base de données de l'USGS/NEIC**

L'USGS/NEIC dispose d'une base de données sur les résultats des mécanismes au foyer de séismes enregistrés depuis 1977, consultable à l'adresse suivante : <http://neic.usgs.gov/neis/sopar/>.

### **2.3.2. Base de données EMMA**

La base de données EMMA, Earthquake Mechanisms of the Mediterranean Area, est une compilation de résultats de mécanismes au foyer de séismes localisés dans le bassin méditerranéen et les régions voisines, de magnitude comprise entre 1,4 et 8,7 et enregistrés entre 1905 et 2003, Figure 19. Une appréciation sur la qualité du résultat est indiquée pour chaque événement. Cette base est accessible à l'adresse suivante :

[http://ibogfs.df.unibo.it/user2/paolo/www/ATLAS/pages/EMMA\\_READ\\_ME.html](http://ibogfs.df.unibo.it/user2/paolo/www/ATLAS/pages/EMMA_READ_ME.html)

Les références des travaux de mise en place de la base sont Vannucci and P. Gasperini (2003, 2004).

## **2.4. ZONAGES SISMIQUES**

### **2.4.1. - Projet GSHAP : Zonage sismique de l'Europe et des pays du pourtour méditerranéen.**

Le projet GSHAP, Global Seismic Hazard Assessment Program, a démarré en 1992 et s'est achevé en 1999. Il a été soutenu par l'ICSU, International Council of Scientific Unions et réalisé dans le cadre des travaux de UN/IDNDR, Nations International Decade for Natural Disaster Reduction. Les résultats du projet GSHAP sont accessibles à l'adresse suivante : <http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/>.

Ces résultats présentent notamment un zonage sismique des pays situés autour de la Méditerranée. Les zones sismiques ont été individualisées essentiellement à partir des données sismiques (approche probabiliste). In fine le zonage indique l'accélération maximale (PGA en  $m/s^2$ ) susceptible d'être atteinte durant une période de 475 ans (ou 10% de chances de survenir en 50 ans), Figure 20.

■ Concernant l'Italie, le zonage sismotectonique est essentiellement basé d'une part, sur un modèle cinématique qui permet d'expliquer les mouvements fini-tertiaires à quaternaires enregistrés au niveau de la plaque adriatique et d'autre part, sur les données de la sismicité (historique, instrumentale, mécanismes au foyer).

Aucune indication n'est donnée sur les caractéristiques sismiques maximales de chacune des zones.

- Pour la France, les contours des zones sont issus des premiers résultats du zonage probabiliste de la France, zonage EPAS (cf § ci-après). Aucune information n'est donnée sur le séisme maximal possible.

- Le zonage proposé pour la péninsule Ibérique (Espagne, Portugal) et la zone du Maghreb (Maroc, Algérie, Tunis) indique pour chaque zone la magnitude maximale possible (Figure 21 et Figure 22).

#### **2.4.2. Projet SESAME**

A la suite de GSHAP, la réalisation d'un zonage sismotectonique et de l'aléa sismique unifié des pays du bassin méditerranéen était l'objectif de l'IUGS-UNESCO IGCP-382 project "Seismotectonics and Seismic Hazard Assessment of the Mediterranean Basin" (SESAME) and the European Seismological Commission Working Group on Seismic Hazard Assessment.

Concernant les unités sismotectoniques des régions côtières, les contours restent identiques à ceux proposés par GSHAP (Figure 23). Les résultats du projet SESAME sont accessibles à l'adresse suivante : <http://wija.ija.csic.es/qt/earthquakes/>

#### **2.4.3. Autres zonages sismiques**

##### ***Précision sur le zonage sismique de l'Italie :***

- A partir des connaissances structurales, des données de la sismicité historique et instrumentale, et d'un modèle cinématique de la partie centrale de la Méditerranée pour la période -6 millions d'années à aujourd'hui, Meletti et *al.* (2000) caractérisent chaque zone sismotectonique de l'Italie proposé par GSHAP et SESAME par un type de déformation (Figure 24).

- Concernant les zones sismotectoniques des régions Calabre et Sicile, présentée dans le cadre de GSHAP, à partir du catalogue de sismicité historique ressenties entre le XIII<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècles, Bottari et *al.* (2005) font une estimation de l'intensité maximale de chaque zone (Figure 25).

- Révision du zonage sismotectonique italien : ZS9

Le zonage sismotectonique présentée dans le cadre des travaux GSHAP et SESAME correspondait au zonage dit ZS4.

A partir notamment des travaux de Valensise et Pantosti (2001), ce zonage a été révisé pour donner le ZS9 (Figure 26).

- Database of Potential Sources for Earthquakes

L'Italie dispose d'une base de données sur les failles sismogènes capables de produire des séismes de magnitude au moins égale à 5,5 (Valensise et Pantosti, 2001).

Les données ont été comparées au zonage sismotectonique de l'Italie, permettant ainsi de mieux caractériser le potentiel sismogénique des zones (Meletti et Valensise , 2004) (Figure 27).

### **Zonages sismiques du Maghreb**

- Hamdache (1998) propose un zonage sismique du nord de l'Algérie avec une caractérisation de la sismicité des zones basée sur une analyse probabiliste (Figure 28).
- Tandis que le zonage sismique du Nord de l'Algérie proposé par Aoudia et *al.* (2000) suit plutôt une démarche déterministe de l'aléa (Figure 29).

### **Zonage sismique du Nord-Est de l'Espagne**

- A partir de données géologiques, sismiques et de paléosisimicité, Ojeda et *al.* (2002) proposent un zonage de la Catalogne. La magnitude maximale de chacune des zones est estimée à partir des relations empiriques de Wells et Coppersmith (1994) en tenant compte de la longueur des failles actives (Figure 30).
- Secanell et *al.* (2004) s'appuie une démarche mixte associant à la fois une évaluation de type probabiliste et une évaluation de type déterministe. Ces résultats sont intégrés aux travaux du projet ISARD (cf ci-après), pour la réalisation d'un zonage sismique transfrontalier des Pyrénées orientales et de la Catalogne (Figure 31).

### **Zonage sismique probabiliste de la France**

- Sur l'initiative de l'AFPS, un travail a été mené de 1995 à 1999 (Autran et *al.*, 1998) pour produire un zonage sismotectonique national destiné à l'évaluation probabiliste de l'aléa sismique. La méthodologie suivie a consisté à développer des zonages intermédiaires de paramètres géologiques, structuraux et sismologiques représentatifs de la sismogénèse, pour aboutir par superposition à une synthèse appelée zonage EPAS.

C'est les contours définis par EPAS qui ont été pris en référence dans le cadre du projet européen GSHAP.

- Par la suite, sur la base du zonage EPAS, une évaluation probabiliste de l'aléa a été entreprise pour la France métropolitaine et les Antilles (GEOTER, 2002), pour le compte du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, dans le cadre de la révision du zonage sismique réglementaire de la France.

Le modèle sismotectonique retenu pour la France métropolitaine distingue 25 zones. Il repose sur la distinction de 6 grands domaines structuraux qui sont traités comme des zones sources homogènes.

Pour chaque zone source, le **séisme maximum historiquement observé** est défini. Puis, une estimation de la magnitude correspondante à ce séisme historique maximal est donnée. Il s'agit de la magnitude maximale « observée » (Figure 32).

En complément, une borne maximale de la « magnitude maximale » est définie en ajoutant forfaitairement 0,5 à la magnitude maximale « observée ».

En France, s'agissant des installations industrielles à risque spécial, sur la base d'un zonage sismique et du séisme maximal historiquement observé (SMHV), c'est ce type de **séisme maximal hypothétique** qui est considéré comme représentant le maximum plausible du niveau de séisme à retenir pour la conception des ouvrages, cela sous réserve que cette majoration reste cohérente avec les données géologiques et sismiques. La majoration vise à s'assurer que l'installation ne subira pas des actions plus agressives que celles pour lesquelles elle aura été dimensionnée. Cette majoration permet de couvrir un éventuel réajustement du SMHV (nouvelles données).

Concernant l'estimation de la profondeur focale des zones sources, celle-ci a été définie arbitrairement pour chaque zone source. Des bornes minimales et maximales de profondeur ont été fixées par Geo-Ter par déduction ou au contraire augmentation d'un écart-type.

### **Zonage sismique transfrontalier Pyrénées espagnoles et françaises**

Réalisé de 2003 à 2006, le projet Isard (Information Sismique Automatique Régionale de Dommages) avait comme objectif de fournir des informations préventives et opérationnelles sur le risque sismique, sans distorsion liée à l'effet frontière. Dans ce cadre un zonage sismique préalable à l'évaluation du risque a été réalisé. Les résultats du projet sont accessibles à l'adresse suivante :

<http://isard.brgm.fr/sommaire.php3?lang=fr>

Concernant la région pyrénéenne franco-espagnole, les travaux de GEO-TER ont été repris dans le cadre du projet transfrontalier ISARD en s'appuyant sur une confrontation des analyses des équipes françaises et espagnoles. Le zonage proposé dans le cadre de Isard propose un consensus entre différents experts nationaux, et européens pour la zone frontalière.

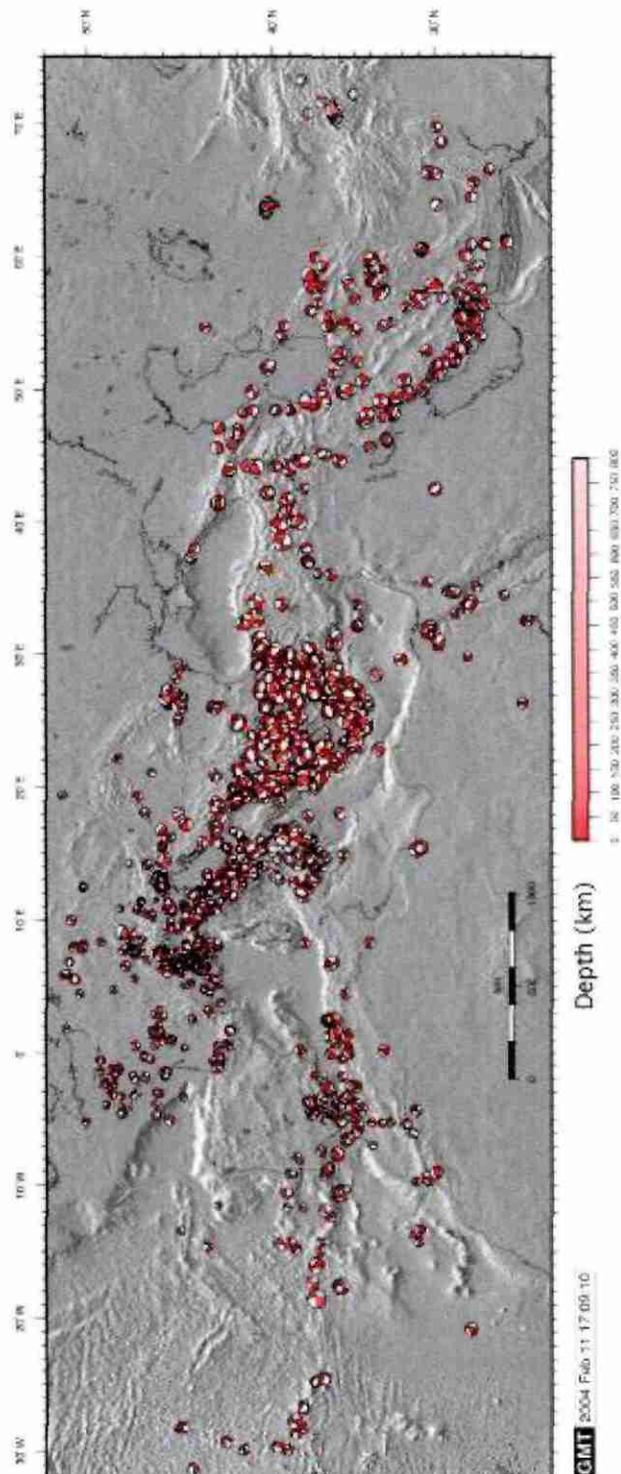


Figure 19 - La base de données EMMA : répartition des mécanismes au foyer des séismes

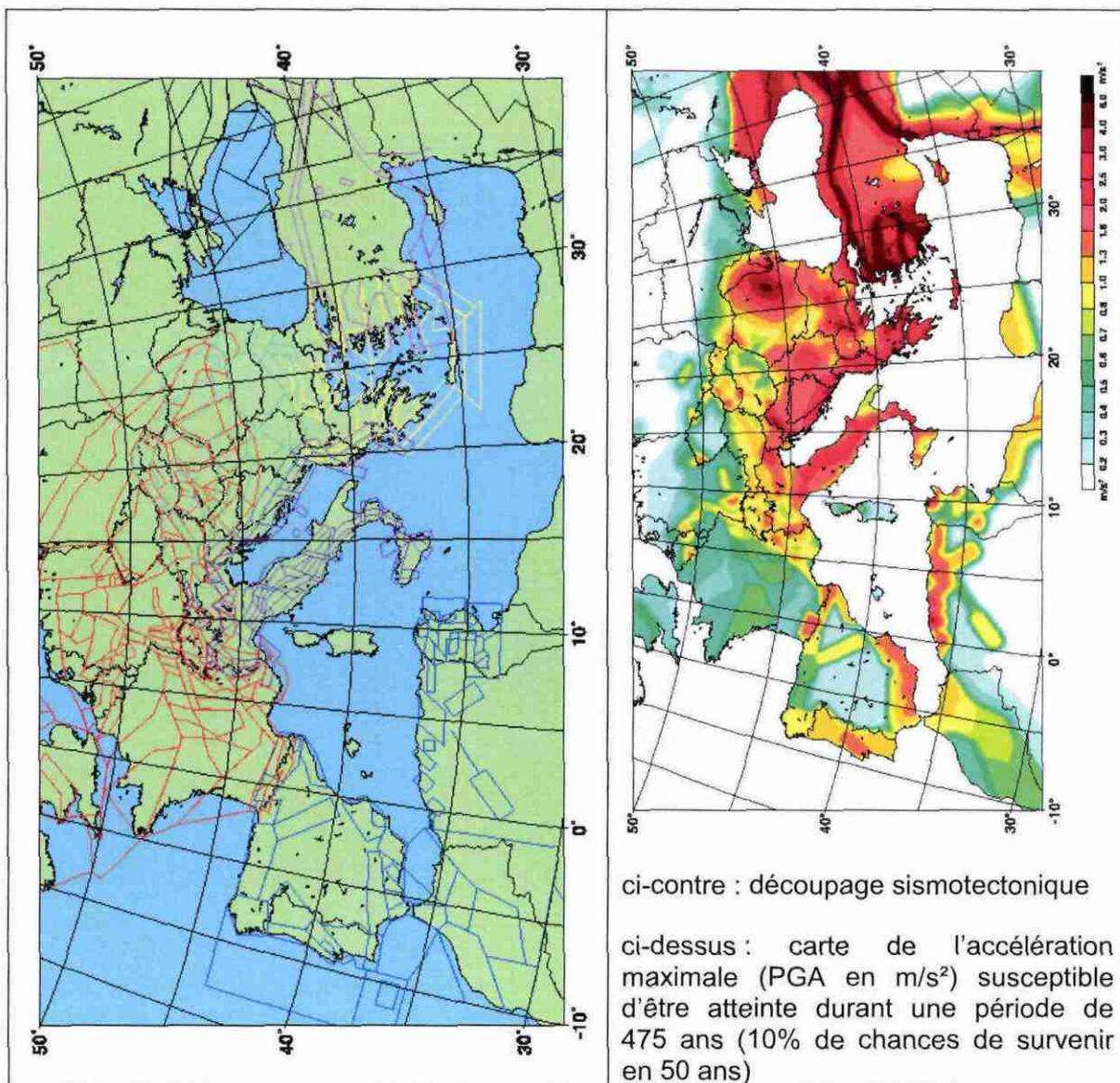


Figure 20 – Zonage sismique proposé dans le cadre du projet GSHAP

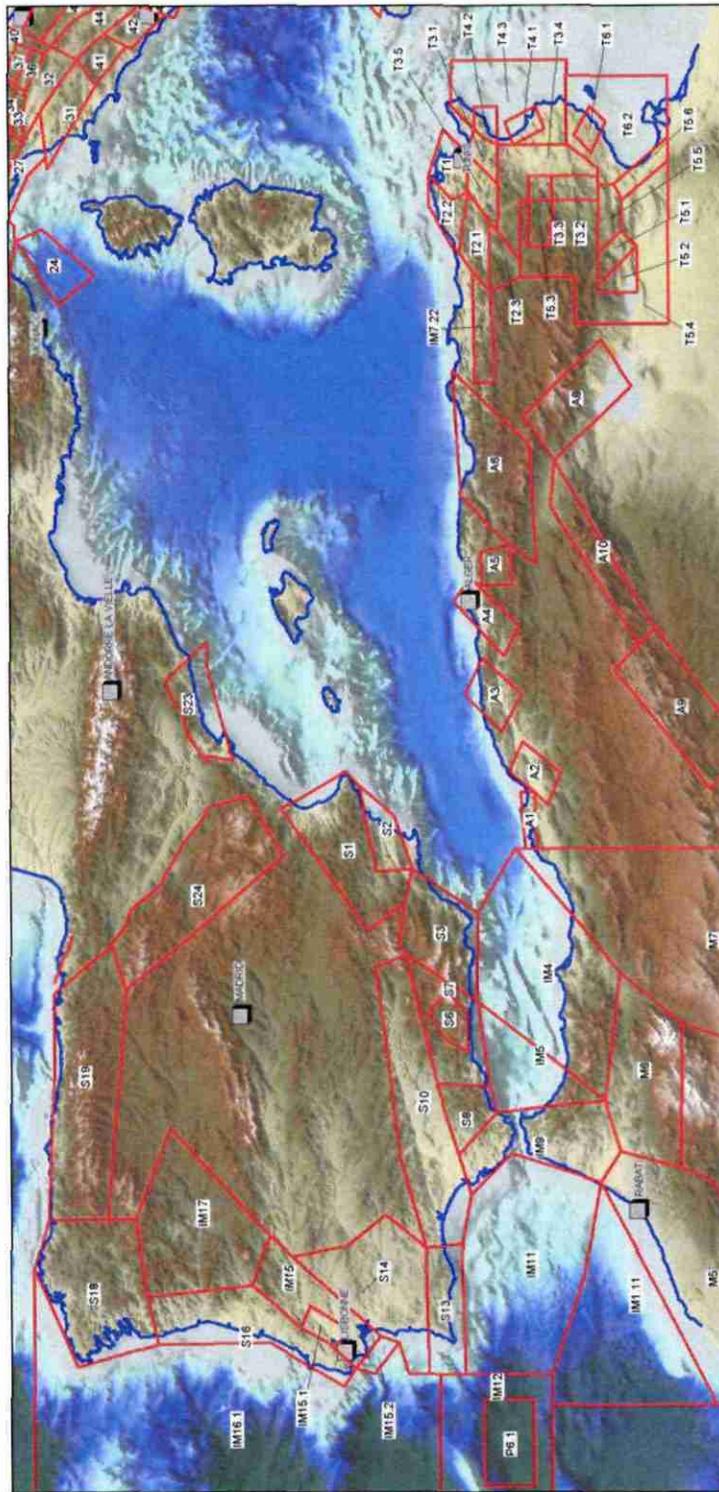


Figure 21 - Zonage de la péninsule Ibérique et du Maghreb proposé dans le cadre du projet GSHAP (<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/>)

Source Zone	Earthquakes / year km <sup>2</sup> (M>=4)	b-value	M_max	Source Zone	Earthquakes / year km <sup>2</sup> (M>=4)	b-value	M_max
S1	1.6x10 <sup>-5</sup>	0.89	6.7	M8	1.2x10 <sup>-6</sup>	0.53	6
S2	1.1x10 <sup>-4</sup>	0.97	7	M9	2.4x10 <sup>-6</sup>	1.05	5
S3	5.0x10 <sup>-5</sup>	0.97	6.7	M10	4.0x10 <sup>-8</sup>	0.55	4.6
IM4	2.1x10 <sup>-5</sup>	1.31	5.8	A1	3.4x10 <sup>-5</sup>	0.48	5
IM5	1.5x10 <sup>-5</sup>	1.68	4.7	A2	2.4x10 <sup>-5</sup>	0.51	5.8
S6	1.8x10 <sup>-4</sup>	0.96	7	A3	8.6x10 <sup>-5</sup>	0.64	7.3
S7	1.6x10 <sup>-5</sup>	0.96	6.4	A4	4.1x10 <sup>-5</sup>	0.45	6.5
S8	2.7x10 <sup>-5</sup>	0.83	5.5	A5	3.8x10 <sup>-5</sup>	0.59	6.5
IM9	4.1x10 <sup>-6</sup>	1.11	5.3	A6	1.4x10 <sup>-5</sup>	0.82	6.3
S10	6.8x10 <sup>-6</sup>	0.88	6.4	IM7.22	2.6x10 <sup>-5</sup>	0.64	6
IM11	6.1x10 <sup>-6</sup>	1.07	6.4	A8	4.4x10 <sup>-6</sup>	0.39	6
IM1.11	1.7x10 <sup>-6</sup>	0.58	5.5	A9	3.1x10 <sup>-6</sup>	0.49	5.5
IM12	1.6x10 <sup>-5</sup>	0.64	6.6	A10	3.5x10 <sup>-6</sup>	1.24	5
P6.1	4.2x10 <sup>-5</sup>	0.34	8.5	T1	3.3x10 <sup>-5</sup>	0.56	7
S13	1.1x10 <sup>-5</sup>	0.72	7	T2.1	1.6x10 <sup>-5</sup>	0.57	6
S14	1.2x10 <sup>-5</sup>	1.11	5.8	T2.2	2.3x10 <sup>-6</sup>	0.57	5.5
IM15	1.9x10 <sup>-5</sup>	0.78	7	T2.3	1.1x10 <sup>-6</sup>	0.58	5.5
IM15.1	4.3x10 <sup>-5</sup>	0.76	7	T3.1	1.0x10 <sup>-5</sup>	0.68	6
IM15.2	1.4x10 <sup>-5</sup>	0.95	7.2	T3.2	7.2x10 <sup>-6</sup>	0.69	5.5
S16	1.6x10 <sup>-5</sup>	1.04	5.5	T3.3	7.1x10 <sup>-6</sup>	0.68	6
IM16.1	1.1x10 <sup>-6</sup>	0.66	7	T3.4	2.9x10 <sup>-7</sup>	0.68	5
IM17	8.2x10 <sup>-6</sup>	0.98	5.3	T3.5	3.0x10 <sup>-6</sup>	0.68	6
S18	3.7x10 <sup>-6</sup>	0.87	5.3	T4.1	2.7x10 <sup>-5</sup>	0.43	6.5
S19	1.4x10 <sup>-6</sup>	0.8	5.3	T4.2	1.7x10 <sup>-5</sup>	0.43	6.5
S20	6.4x10 <sup>-6</sup>	1.02	5.8	T4.3	2.3x10 <sup>-7</sup>	0.44	5.5
S21	4.6x10 <sup>-5</sup>	0.95	6.7	T5.1	1.7x10 <sup>-5</sup>	0.62	6.5
S22	2.6x10 <sup>-5</sup>	1.07	6.4	T5.2	4.7x10 <sup>-6</sup>	0.62	6
S23	1.4x10 <sup>-5</sup>	1.25	5.5	T5.3	2.6x10 <sup>-6</sup>	0.62	6
S24	2.7x10 <sup>-6</sup>	0.67	5.8	T5.4	3.8x10 <sup>-7</sup>	0.62	5
S25	3.1x10 <sup>-5</sup>	0.71	6.4	T5.5	1.8x10 <sup>-6</sup>	0.63	5.5
M5	6.2x10 <sup>-7</sup>	0.58	5.1	T5.6	1.3x10 <sup>-5</sup>	0.62	6
M6	3.3x10 <sup>-6</sup>	0.75	4.7	T6.1	5.9x10 <sup>-6</sup>	0.5	5
M7	4.0x10 <sup>-7</sup>	0.88	5.2	T6.2	1.7x10 <sup>-7</sup>	0.49	5.5

Figure 22 - Zonage de la péninsule Ibérique et du Maghreb proposé dans le cadre du projet GSHAP : caractéristiques des zones (<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/iberomag/>)

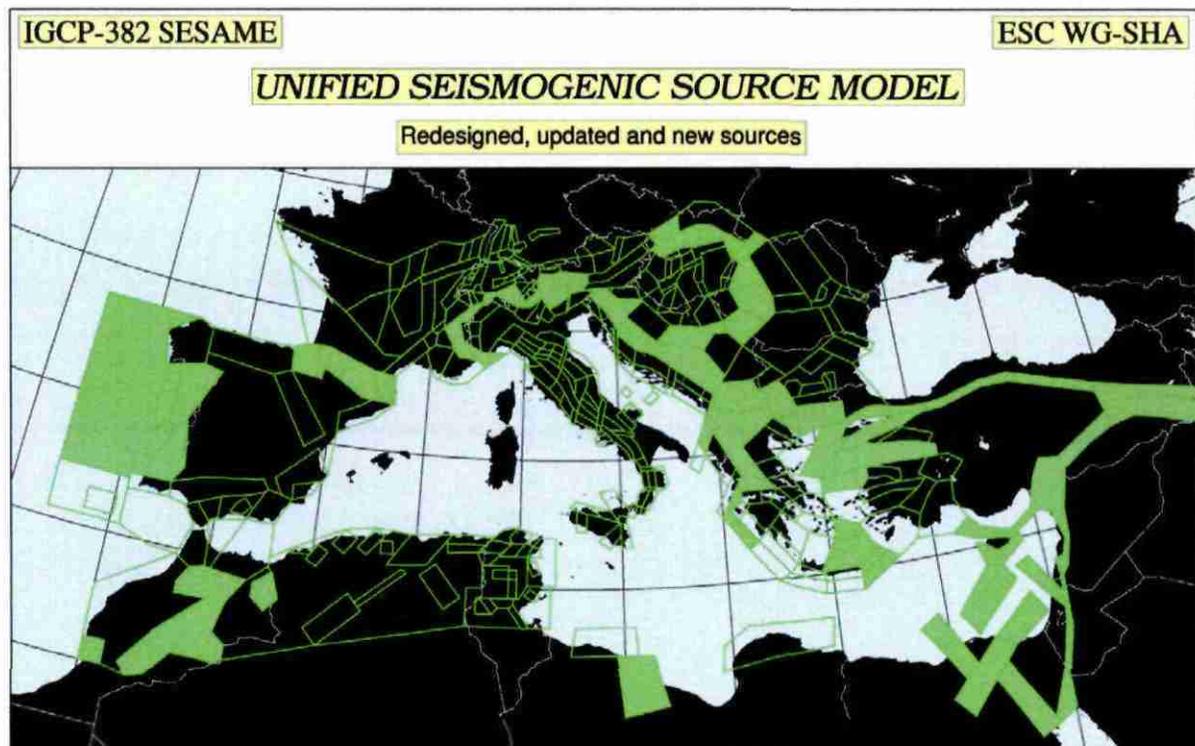
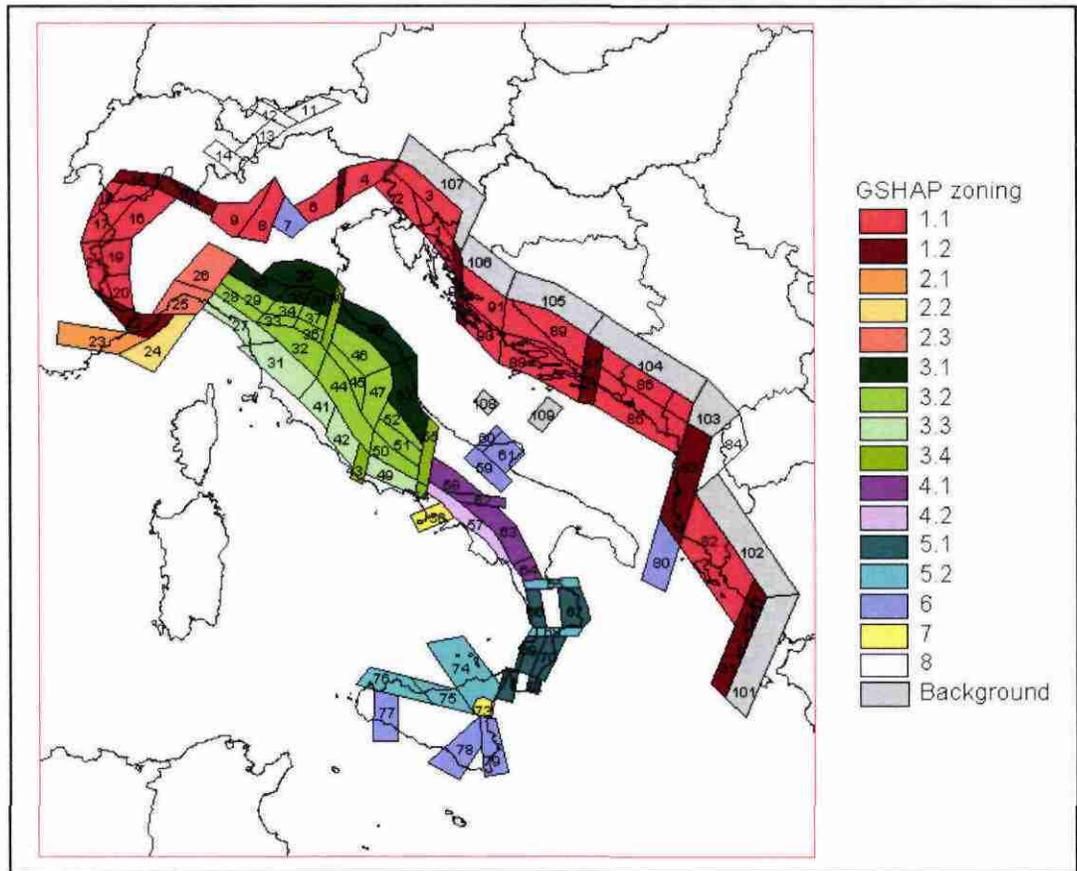
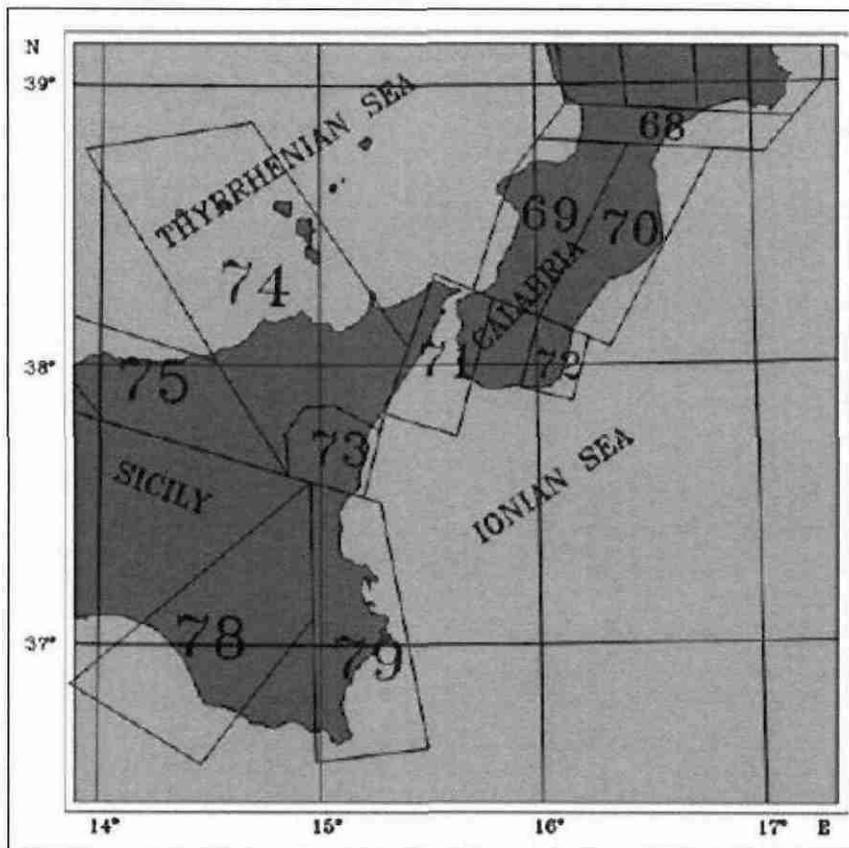


Figure 23 – Le zonage proposé dans le cadre du projet SESAME, différences des contours avec ceux proposés dans le cadre du projet GSHAP (zone en aplat vert)



1. Seismic source zones related to the interaction between Adria and Europe (from the Alps to the Western Hellenides). The P-axes of the major earthquakes agree with the slip vectors describing the Adria rotation around a pole located between Corsica and Western Liguria.
  - 1.1 Longitudinal belts. Expected focal mechanisms (Efm): thrust and transpression.
  - 1.2 Transversal belts, corresponding to lateral ramps. Efm: transpression/strike slip, with dextral (zones 15, 10, 1, 87, 83, 81) and sinistral (zones 22, 5) lateral motion.
2. Alps/Apennine transfer zones.
  - 2.1 Shear zones of Western Liguria. Efm: sinistral strike slip and transpression.
  - 2.2 Ligurian Sea, with compressional structures overprinting extensional features. Efm: thrust and sinistral strike slip.
  - 2.3 Liguria-Langhe. Efm: sinistral strike slip (shallower crustal earthquakes), dip slip (deeper crustal quakes).
3. Seismic source zones related to the sinking of the Adria lithosphere beneath the Northern Apennine Arc and to the uplift of the asthenosphere along the Tyrrhenian margin of the mountain chain.
  - 3.1 Adriatic longitudinal belt. Efm: thrust and strike slip with SW-NE P-axes.
  - 3.2 North-Apennine axial belt. Efm: prevailing dip slip with fault planes dipping both towards the Adriatic and Tyrrhenian seas.
  - 3.3 Tyrrhenian longitudinal belt. Efm: dip slip with fault planes dipping towards SW.
  - 3.4 Transversal belts. Efm: prevailing dextral strike slip; subordinate dip slip in the deeper crustal earthquakes.
4. Seismic source zones related to the deactivation of the thrust belt - foredeep system in the Southern Apennines and to the counterclockwise rotation of Adria.
  - 4.1 South Apennine axial belt. Efm: dip slip with fault planes dipping both towards NE and SW; subordinate strike slip.
  - 4.2 Tyrrhenian belt. Efm: dip slip.
5. Seismic source zones of the Calabrian Arc. It is still matter of debate whether the present-day kinematic behaviour of the Calabrian Arc is comparable with zone 2 or with zone 3.
  - 5.1 Longitudinal belts. Efm: prevailing dip slip.
  - 5.2 Transversal belts. Efm: dextral (e.g. zone 74) and sinistral (e.g. zone 65) strike slip.
6. Seismic source zones inside the foreland region and along the flexural margins. Belice, Hyblean margin, Malta Escarpment, Otranto Channel, Gargano-Tremiti, Vicentino. Efm: prevailing dip slip in the flexural areas (e.g. zone 78) and along the Malta Escarpment; strike slip in the other areas.
7. Seismic source zones in active volcanic regions. Ischia-Flegrean Fields, Vesuvius and Etna. Efm: dip slip in the Campania volcanic region; dip slip and dextral strike slip in the Etna region.

Figure 24 – Zonage sismotectonique de l'Italie et autres pays bordant l'Adriatique, d'après GSHAP (<http://www.seismo.ethz.ch/gshap/adrial>) et Meletti et al. (2000)



Zone	$\rho_{max}$	$\rho_{min}$	$\theta$	$I_{max}$	$k$
68	2,54	1,48	287	11	5,23
69	7,91	3,64	335	11	2,12
70	9,16	4,39	343	8	5,35
71	14,97	10,25	337	11	2,58
72	8,31	4,24	333	8	4,01
74	11,85	5,74	25	9	2,36
75	5,79	3,75	36	8	3,83
77	4,53	1,71	22	10	4,07
78	19,13	11,7	325	7	3,84
79	8,92	5,82	332	11	2,14

Figure 25 – Caractéristiques macrosismiques des zones sismotectoniques de la Calabre et de la Sicile, d'après Bottari et al. (2005), avec  $I_{max}$  en MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg)

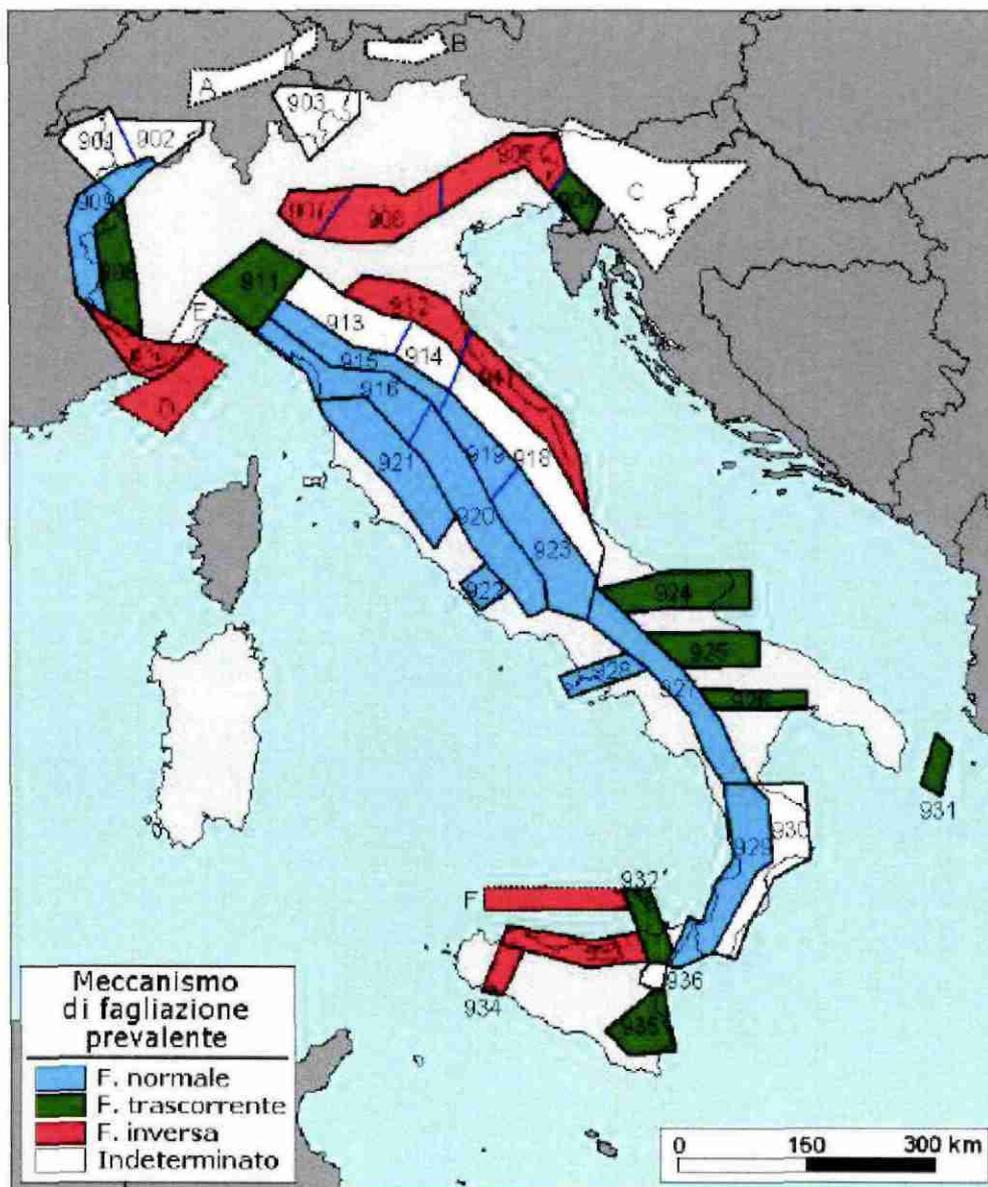


Figure 26 - Nouveau zonage sismotectonique de l'Italie, ZS9 (d'après Meletti et Valensise, 2004)

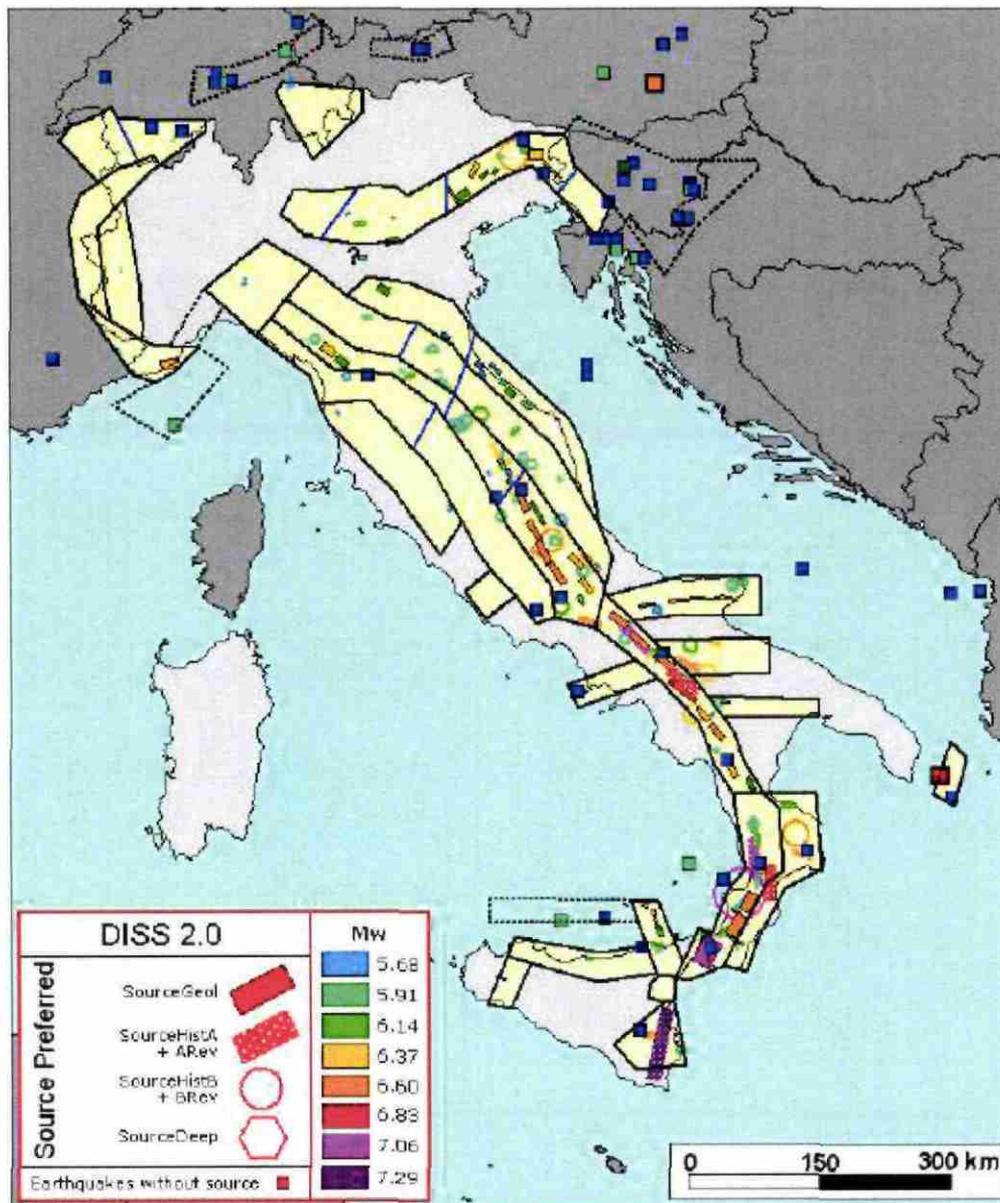
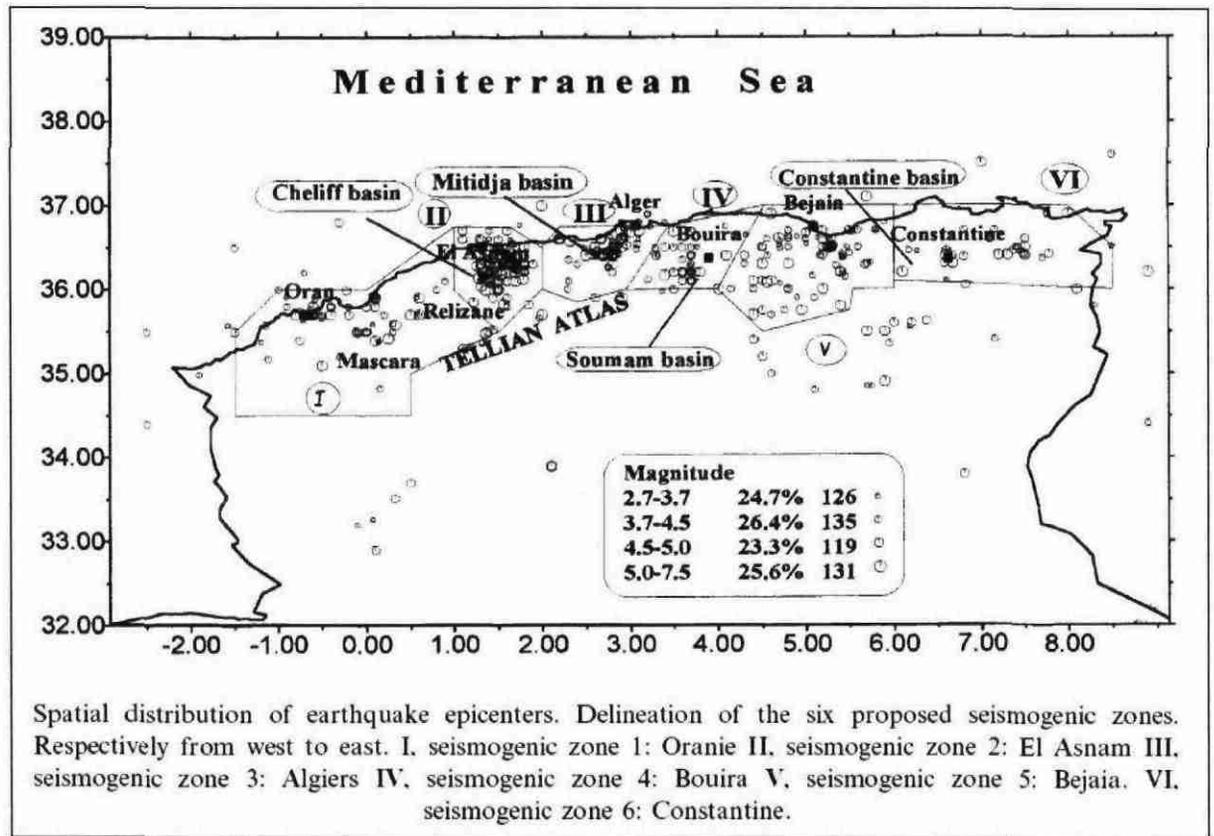


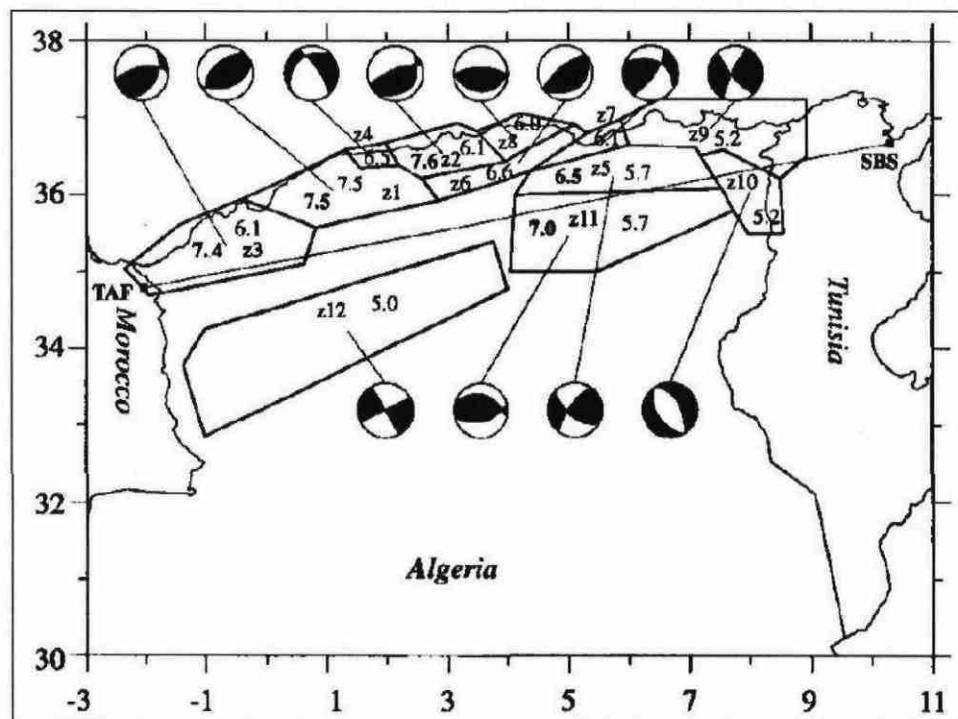
Figure 27 - Comparaison de la base de données des segments de failles sismogènes capables de produire une magnitude  $\geq 5,5$  et le nouveau zonage sismotectonique de l'Italie (d'après Meletti et Valensise, 2004)



*Mean return period of magnitudes between 4.00 to 7.50 in each of the six seismogenic zones*

Magnitude	Mean average return period (years)					
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
4.10	02.10	00.70	01.30	02.90	01.30	03.10
4.50	04.70	01.40	02.90	06.70	02.80	06.40
5.00	13.10	03.10	06.30	15.60	07.30	16.00
5.50	37.00	07.20	14.90	36.50	19.40	41.90
6.00	106.10	16.80	42.20	86.40	55.00	124.30
6.50	320.90	40.00	349.8	211.6	192.9	638.8
6.70	517.60	57.10	>4145	308.70	387.90	4617.3
7.00	1163.0	99.00		566.6	8356.1	
7.50	19154	288.8		2062.6		
7.80		679.40		10068.2		
8.00		1667.6				

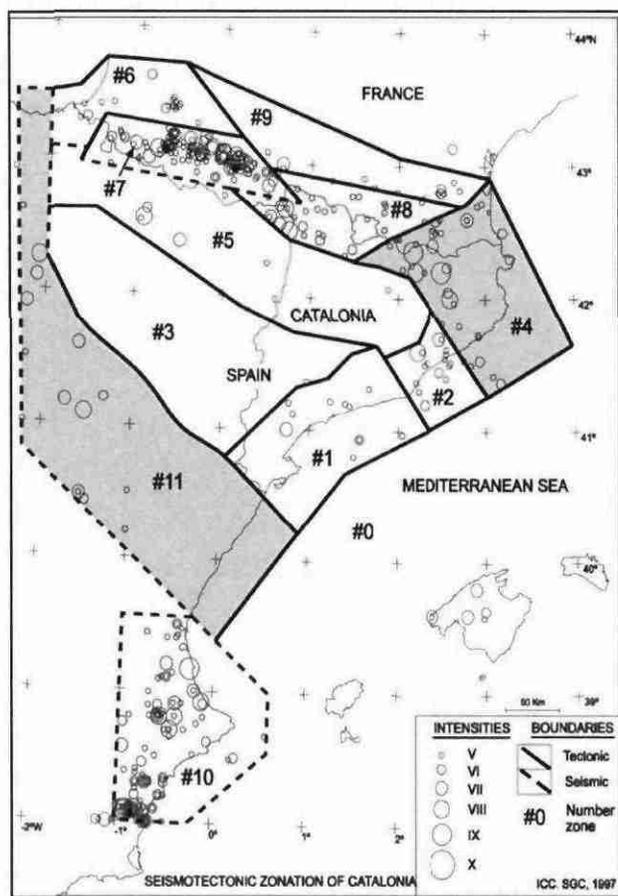
Figure 28 – Zonage sismique du Nord de l'Algérie proposé par Hamdache (1998) et caractéristiques sismiques des zones



Sur la carte, en caractères gras, valeur maximale estimée de la magnitude.

Seismogenic zones	Active faults	Typical fault type	Fault length (km)	Probable maximum earthquake magnitude Mw
Chelif zone z1	El Asnam	Reverse	36-40	7.5
	Tenes-Abou El Hassan		30	7
	Boukadir		30	7
	Dahra		28-30	7
Mitidja zone z2	Sahel	Reverse	70	7.6
Oran-Beni	Ghriss		30	7
Chougrane zone z3	Habra	Reverse	-	-
	Saline d'Arzew		40	7.3
	Murdjado		60	7.4
Cherchell zone z4	Oued El Abiodh	Thrust +strike-slip	20	6.5
Constantine zone z5	Constantine	Strike-slip (senestral)	30	6.5
Hodna zone z11	Chott El Hammam	Reverse	30	7
Soummam zone z6	-	Reverse	-	-
Babor zone z7	-	Reverse	-	-
Kabylie zone z8	-	Reverse	-	-
Annaba zone z9	-	Strike-slip	-	-
Guelma zone z10	-	Normal	-	-
Sahara Atlas z12	-	Strike-slip	-	-

Figure 29 - Zonage sismotectonique du Nord de l'Algérie, d'après Aoudia et al (2000).



	Surface (km <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\sigma(\alpha)$	$\beta$	$\sigma(\beta)$	h	$i_{\min}$	$i_{\max}$
ZONE 1	14100	0.100	0.030	1.864	0.559	7	V	VIII
ZONE 2	4600	0.128	0.033	1.608	0.324	7	V	IX
ZONE 4	16300	0.157	0.030	1.256	0.186	10	V	X
ZONE 5	23100	0.040	0.014	1.319	0.373	10	V	IX
ZONE 6	8000	0.099	0.025	1.977	0.640	10	V	VII
ZONE 7	7200	0.957	0.090	1.420	0.116	15	V	X
ZONE 8	7700	0.218	0.040	1.716	0.246	15	V	IX
ZONE 9	9600	0.070	0.020	1.737	0.214	10	V	VIII
ZONE 10	19700	0.635	0.059	1.201	0.083	10	V	XI
ZONE 11	40100	0.060	0.016	0.886	0.242	10	V	IX

Parameters of truncated Gutenberg-Richter relation for each seismotectonic zone;  $\alpha$  and  $\sigma(\alpha)$  are the mean value and standard deviation of the activity rate on number of earthquakes per year;  $\beta$  and  $\sigma(\beta)$  mean value and standard deviation of the negative exponential parameter related to the slope of the Gutenberg-Richter relation;  $i_{\max}$ , the maximum epicentral intensity assigned to each zone

Figure 30 – Zonage sismotectonique de la Catalogne et caractéristiques sismiques des zones, d'après Secanell et al. (2004)

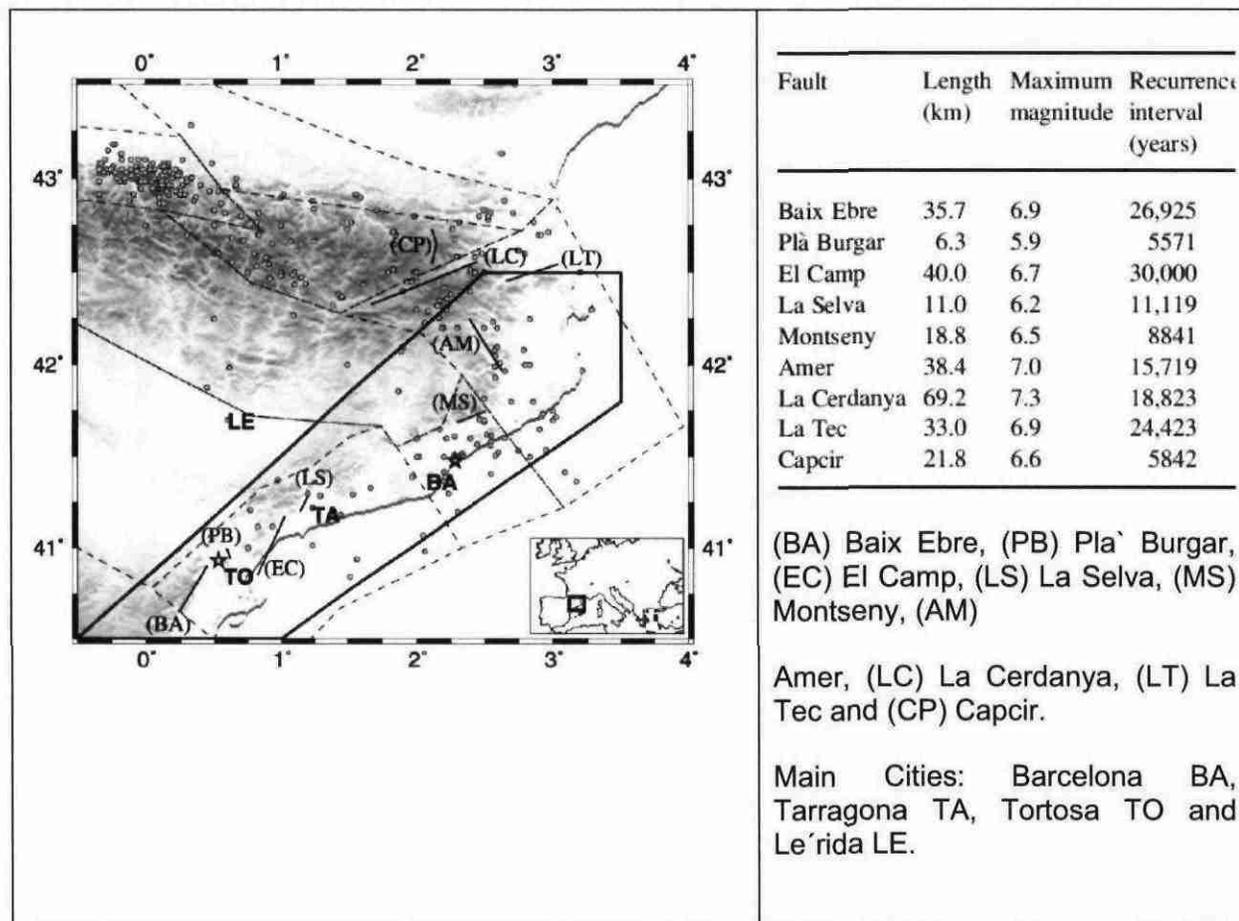
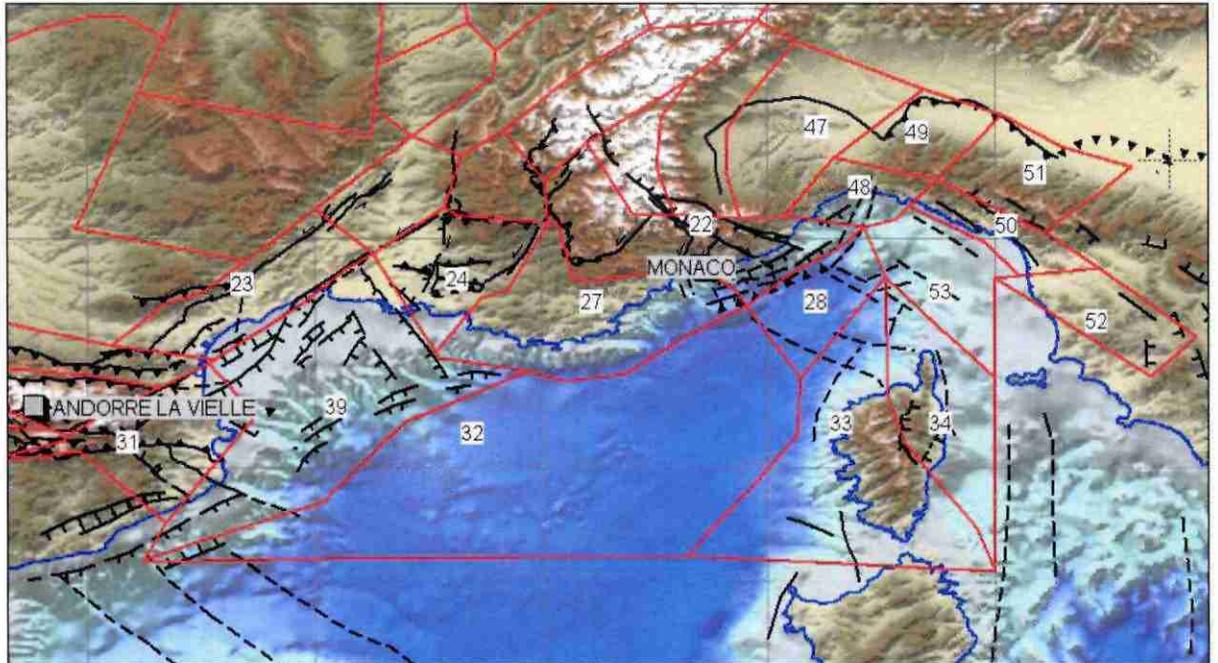


Figure 31 – Zonage sismique de la Catalogne, d'après Ojeda et al. (2002)



Nom_zone	ID	Meca	MMAxmin	MMAxmax	Hmin	Hmax
Chaines subalpines méridionales	22	C	6.8	7.3	5	15
Languedoc	23	(A)	5.6	6.5	5	15
Provence occidentale	24	C	6	7	3	8
Provence orientale	27	(A)	5.1	5.6	3	8
Mer de Ligurie	28	T	6.3	6.8	3	8
Pyrénées orientales catalanes	31	T	6.3	6.8	5	15
Bassin liguro-provençal	32	A	5.2	5.7	3	8
Corse hercynienne	33	(A)	5.7	6.2	5	15
Corse alpine	34	(A)	5.1	5.6	5	15
Golfe du Lion-Camargue	39	A	5.2	5.7	5	15
Emilia-Romagna Nord	49	B	6	6.5	5	15
Liguria Sud	50	B	6.9	7.4	5	15
Toscaca Sud	52	B	6.4	6.9	5	15
Liguria Nord	48	T	5.5	6	5	15
Emilia-Romagna Sud	51	B	7	7.5	5	15
Piemonte	47	T	5.2	5.7	5	15
Golfe Genova-Ligure	53	(A)	5.5	6	5	15

Figure 32 – Zonage sismotectonique de la France d'après GEO-TER (2002) : délimitation et caractéristiques des zones, zoom sur le Sud-Est.



### 3. Proposition d'un zonage sismique de la Méditerranée occidentale

Un des objectifs du projet global d'étude préliminaire de l'aléa tsunamis concerne la localisation des zones sources tsunamigènes d'origine sismique, avec caractérisation des séismes maximum plausibles.

Or, les connaissances actuelles sont insuffisantes pour permettre une identification et caractérisation sismogénique de chacune des failles actives et ce, a fortiori, s'agissant de celles situées en mer.

Par contre, la réalisation d'un zonage sismique est moins contraignante, car sur la base de connaissances structurales et sismotectoniques, le zonage sismique consiste à délimiter des surfaces géographiques suffisamment homogène de part leurs caractéristiques tectoniques et sismiques pour envisager l'occurrence d'un séisme de référence en n'importe quel point de la zone.

Les zonages sismiques qui existent aujourd'hui pour la Méditerranée occidentale concernent les parties terrestres des pays.

Un zonage sismique du domaine marin et littoral de la Méditerranée occidentale a donc du être spécifiquement réalisé. Il s'appuie sur les données géologiques, sismiques et bathymétriques rassemblées pour l'étude. (planche hors texte)

#### 3.1. REALISATION D'UNE CARTE DE SYNTHESE DES DONNEES TECTONIQUES ET DE LA SISMICITE

##### 3.1.1. Inventaire des séismes historiques majeurs

Il n'existe pas de catalogue de sismicité historique relatif à l'ensemble de la Méditerranée occidentale. Dans le cadre de ce travail, un fichier a donc été constitué pour donner une image la plus complète possible des séismes connus et ressentis durant les siècles passés.

Les informations proviennent :

1. de la **base SisFrance**

*date / localisation épicentre / intensité épicentrale en MSK, qualité de la localisation et de l'intensité*

2. de la **base italienne EMIDIUS**, période an -217 à 2002

*date / localisation épicentrale / intensité épicentrale en MCS / magnitude moyenne Mw et incertitude/*

3. de la **publication de Mezcua et Martinez-Solares (1983)** ; y sont extraits la liste des séismes majeurs ( $lo \geq 7.0$ ) concernant le Maghreb

*date / localisation épacentrale / Intensité épacentrale en MSK*

4. de la **base historique de l'Espagne**, pour la période 1048 à 1884

*date / localisation épacentrale / Intensité épacentrale en MSK/ Magnitude évaluée (parfois)*

5. du **fichier GSHAP** relatif aux séismes historiques pour la région Ibero-Maghreb, période 1901 à 1989

*date/localisation épacentre / intensité épacentrale MSK ou Milllog Mo/valeur de Mw.*

6. du **fichier de l'USGS/NOAA** notamment pour ce qui concerne les séismes les plus récents (ces dix dernières années)

*date / localisation épacentrale / Intensité épacentrale en MMI Magnitude évaluée*

L'image de la sismicité historique obtenue est représentée Figure 33. Elle correspond au fichier *seismes\_hist\_Medit\_occid.xls*, lequel présente les champs suivants :

Champ	descriptif
<b>ANNEE</b>	
<b>MOIS</b>	
<b>JOUR</b>	
<b>LONGITUDE</b>	Degré, minute, sexagésimal
<b>LATITUDE</b>	Degré, minute, sexagésimal
<b>long_cent</b>	Degré, minute, centésimal
<b>lat_cent</b>	Degré, minute, centésimal
<b>lmsk</b>	Intensité épacentrale en degrés MSK
<b>Mw(source)</b>	Magnitude Mw Certaines publications ou bases de données présentent une estimation de la magnitude relative au séisme historique. Cette indication n'est toutefois pas systématique ; exemple SisFrance ne donne pas la « Magnitude macrosismique » des événements, par contre la base Emidius donne généralement une évaluation de la magnitude des séismes historiques.
<b>Ms(Gutdeutsch_et_al)</b>	Calcul de Ms selon la relation de Gutdeutsch et al. (2002) : $Ms = 0.550 \times lo + 1.260$
<b>logMo(Ambraseys_et_al)</b>	Calcul de Mo (en dyne.cm) à partir de Ms, selon la relation de Ambraseys et Free (1997) : $\log Mo = 23.123 - 0.505 Ms + 0.140 Ms^2$
<b>Mw_(kanamori)</b>	Calcul de Mw selon la relation de Kanamori (1977) : $Mw = 2/3 \log(Mo) - 10.7$

<b>Mw_final</b>	Valeur de Mw retenue : généralement elle correspond par défaut à la valeur donnée dans les bases de données ou publications (cf champs <i>Mw(source)</i> ). Sinon : <ul style="list-style-type: none"> <li>• si <math>M &lt; 6</math>, valeur calculée par la relation de Kanamori</li> <li>• si <math>M \geq 6</math>, valeur la plus forte entre Mw par Kanamori ou Ms par Gutdeutsch et <i>al.</i> (2002)</li> </ul>
<b>SOURCE</b>	Source initiale (catalogue ou publication de référence) de la donnée événementielle
<b>RELATIONS</b>	Si l'événement est référencé dans plusieurs publications, l'information de ce champ présente la source d'informations relatives aux valeurs retenues in fine

En annexe, il est donné la liste des séismes de magnitude au moins égale à 6,0 (Mw-final), extraite du fichier *seismes\_hist\_Medit\_occid.xls*.

### 3.1.2. Données de la sismicité instrumentale

Le fichier pris en référence est extrait de la base USGS/NEIC. Il couvre la période 1973 à fin 2006.

Le fichier *NEIC\_Earth-Medit.xls* constitué pour l'étude ne concerne que les séismes de magnitude au moins égale à 4.0. Environ 2800 séismes sont indiqués pour la période janvier 1973 à décembre 2006, dans le secteur : 30°N à 45°N de latitude, 20°E à 15°W de longitude.

L'image de la sismicité instrumentale obtenue fait l'objet des Figure 34 et Figure 35. Les différents champs du fichier *NEIC\_Earth-Medit.xls* sont :

<b>Champ</b>	<b>descriptif</b>
<b>YEAR</b>	Année
<b>MO</b>	Mois
<b>DA</b>	Jour
<b>ORIG TIME</b>	Heure universelle
<b>LAT</b>	Latitude, degrés, minutes, centesimal
<b>LONG</b>	Longitude, degrés, minutes, centesimal
<b>Pf</b>	Profondeur focale en km, Si Pf=33, il s'agit d'une indication aberrante de la profondeur
<b>M_moyen</b>	Magnitude moyenne Mw

Ce fichier est sauvegardé indépendamment du fichier de sismicité historique.

La gestion du recouvrement entre les fichiers de séismes historiques et de séismes instrumentaux ne s'est pas posée car aucune unité sismique identifiée au niveau du zonage n'a présenté un séisme de référence 1) catalogué à la fois par la sismicité historique et par la sismicité instrumentale et 2) de taille suffisante pour produire une rupture en surface (Mw au moins égal à 5,5). Le seul séisme de référence commun aux fichiers de sismicité historique et instrumentale est celui du 19 février 1984 de

l'unité n°3, Provence occidentale, dont la magnitude Mw est estimée entre 4,3 et 4,5 (cf **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

### 3.1.3. Mécanismes au foyer

A partir du fichier EMMA, les évènements retenus sont ceux :

- de magnitude **Mw**  $\geq$  **3.0**,
- de **profondeur focale** **< 50 km** (et différente de 33 km, cf ci-dessus, code pour indiquer une valeur non connue ou aberrante),
- et dont les résultats sont estimés de **bonne qualité** (champs de la base : ident\_completeness et output\_correctness égaux à T).

Cela concerne plus de 1300 mécanismes au foyer de séismes répartis au niveau ou autour de la Méditerranée occidentale.

Le fichier EMMA-select.xls dispose des champs suivants :

<b>Champs</b>	<b>descriptif</b>
<b>ID</b>	Numero d'évènement de la base EMMA
<b>strike1</b>	Direction du plan nodal 1
<b>dip1</b>	Plongement du plan 1
<b>strike2</b>	Direction du plan nodal 2
<b>dip2</b>	Plongement du plan 2
<b>strikeP</b>	Direction de l'axe de compression P
<b>dipP</b>	Plongement de l'axe P
<b>strikeT</b>	Direction de la contrainte distensive T
<b>dipT</b>	Plongement de l'axe T
<b>annee</b>	Année de l'évènement sismique
<b>date</b>	Annee/mois/jour de l'évènement
<b>heure</b>	Heure universelle
<b>Pf</b>	Profondeur focale en km
<b>Mw</b>	magnitude

### 3.1.4. Cartographie des principales failles du littoral ou de la Méditerranée occidentale

■ La Carte géologique de l'Europe à 1/5 000 000 réalisée par le BGR (Service géologique fédéral d'Allemagne) et publiée en 2005 a servi de support à la cartographie des principales failles de la Méditerranée occidentale, Figure 36. Le fond cartographique initialement en projection Mercator centré sur la longitude 20°E a été reprojété dans le système latitude/longitude WGS84.

■ Il existe pour le bassin méditerranéen une carte géodynamique à 1/13 000 000. Ce document indique les principales failles actives de cette partie du monde (Figure 37). Il a été réalisé par la CCGM, commission de la carte géologique du Monde, et publiée au début des années 2000.

Dans le cadre de ce travail, en nous référant aux deux cartes précitées, ainsi qu'aux données de la sismicité (localisation et profondeur focale), mécanismes à la source d'une part et bathymétriques d'autre part, une cartographie des principales failles de la Méditerranée occidentale est proposée à l'échelle du 1/ 2 000 000.

Le fichier FA\_medit\_maj est un fichier lignes/vecteur accompagné de la table descriptive suivante, 2 champs : ID et JEU [a) supposé/connu, b) inverse/ senestre/ dextre/normal/indéterminé].

### **3.1.5. Données bathymétriques**

Les données bathymétriques utilisées recouvrent l'ensemble du bassin méditerranéen occidental avec une échelle de MNT variable, à mailles de plus en plus large en fonction de leur éloignement à la côte française (Figure 39).

Ces données proviennent de l'interpolation d'informations fournies par le SHOM (dalles Histolit), l'IFREMER et d'un extrait du fichier GEBCO One Minute Grid (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gebco/>).

Certaines zones ont pu être complétées localement à l'aide des cartes bathymétriques d'Ifremer ou des courbes de niveau indiquées dans les zones côtière sur les cartes topographiques de l'IGN (échelle 1/50 000).

L'interpolation des points de base a été réalisée avec le logiciel Surfer.



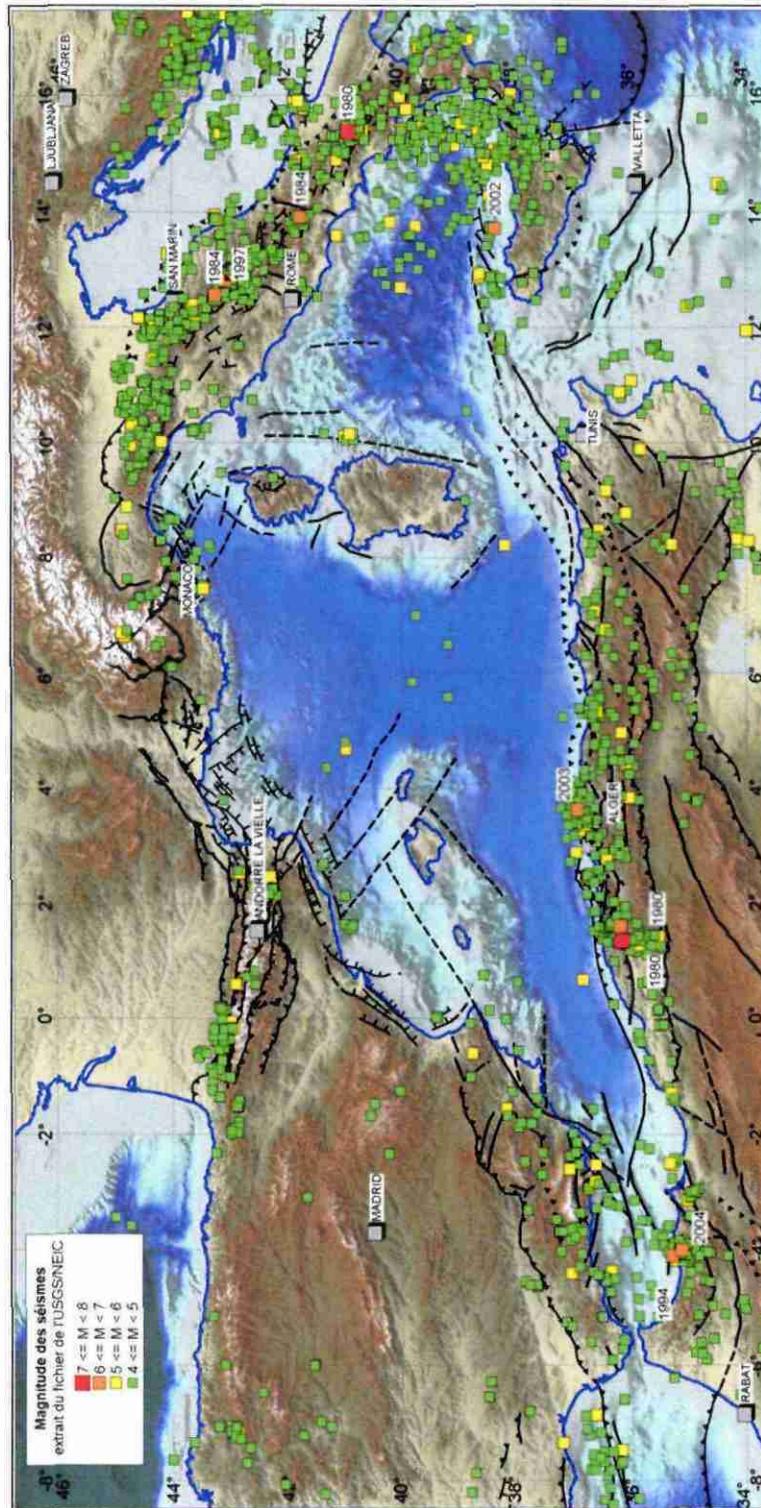


Figure 34 - Carte des séismes enregistrés en Méditerranée occidentale entre 1973 et fin 2006 (données extraites de la base USGS/NEIC)



Figure 35 - Profondeur focale des séismes enregistrés en Méditerranée occidentale entre 1973 et fin 2006 (données extraites de la base USGS/NEIC)

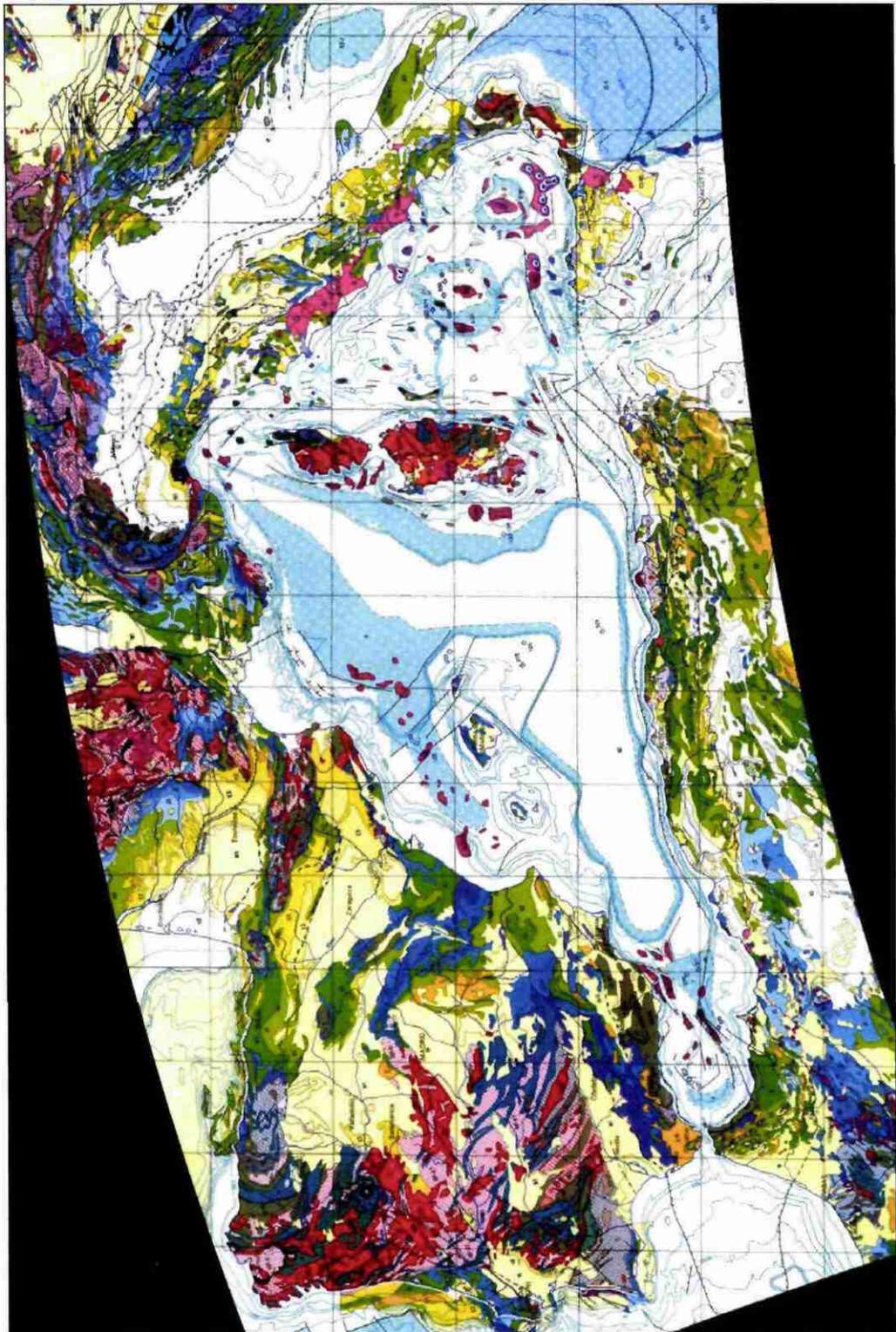


Figure 36 – Extrait de la carte géologique de l'Europe à 1/5 000 000, reprojétée dans le système longitude/latitude, WGS84

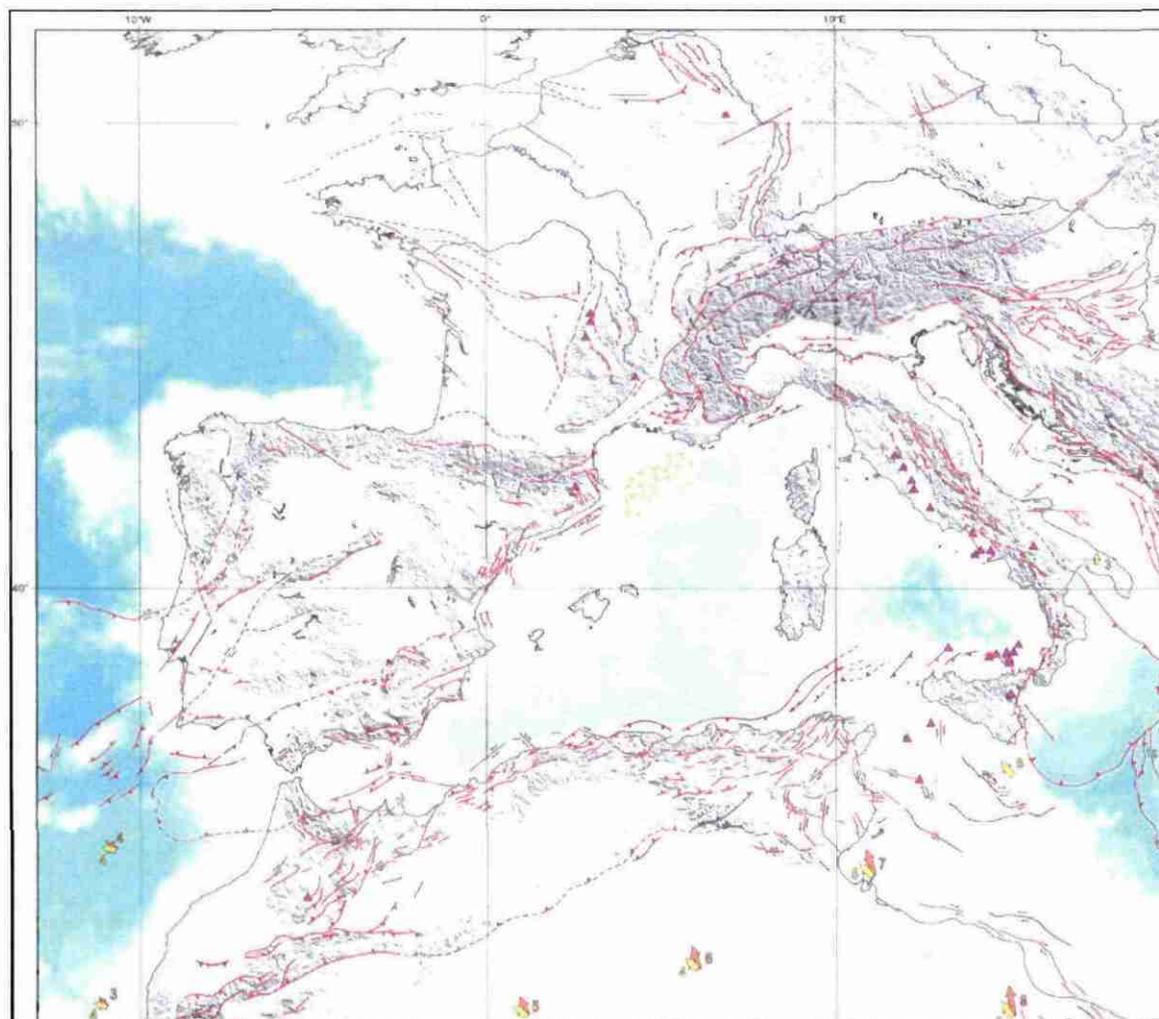
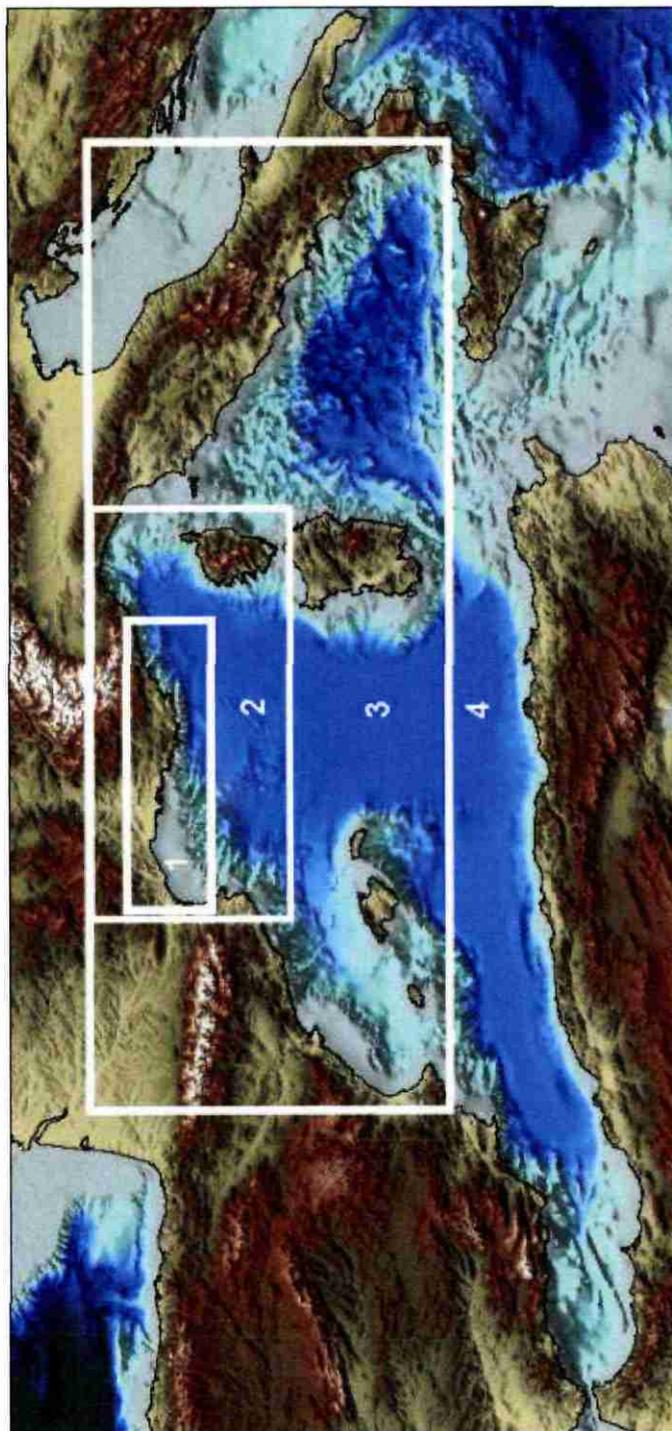


Figure 37 - Extrait de la carte géodynamique de la Méditerranée, feuille 1 - tectonique et cinématique, échelle d'origine 1/13 000 000 (edit. CCGM, 2004)



Figure 38 - Carte des principales failles de la Méditerranée occidentale et ses bordures



1) MNT au pas de 100 m (interpolé à partir des points de sondes du SHOM) 2) MNT au pas de 250 m (source IFREMER), 3) MNT au pas de 1000 m (source IFREMER) ; 4) MNT au pas de  $\pm 1800$  m (source fichier GEBCO).

*Figure 39 - Grille bathymétrique utilisée pour les simulations de tsunamis*

### 3.2. INDIVIDUALISATION DES ZONES SOURCES SISMIQUES

Les différents zonages sismiques proposés pour l'Europe et le Maghreb (cf 2.4), ne couvrent que partiellement la zone maritime du bassin méditerranéen. En nous appuyant sur les zonages existants et à l'aide des données géologiques et sismiques, nous avons donc étendu l'interprétation du zonage sismique à l'ensemble du bassin méditerranéen occidental.

Le principe utilisé pour la réalisation du zonage s'appuie sur les démarches mises en œuvre classiquement dans le cadre de zonages sismiques (probabiliste ou déterministe).

■ A partir de l'analyse des données géologiques et sismologiques, une délimitation de surfaces géographiques est proposée. Chaque surface délimitée correspond à un domaine ou une unité sismotectonique, c'est-à-dire à une région dont les caractéristiques tectoniques (type et niveau des déformations, champs de contraintes) sont suffisamment homogènes pour que l'on puisse envisager l'occurrence d'un séisme analogue à un séisme historiquement connu, en n'importe quel point du domaine. Puis compte tenu des données disponibles en termes de distribution des intensités et magnitudes, de localisation des épacentres et de profondeur des foyers, chaque zone est caractérisée par les séismes les plus forts connus.

■ Classiquement, dans une démarche déterministe, chaque zone sismotectonique est caractérisée par une intensité épacentrale maximale connue dans la zone (SMHV ou séisme maximal historiquement vraisemblable) et ce indépendamment de sa période de retour. Puis généralement, il est défini un séisme majoré de sécurité (SMS), pour lequel 0,5 degré de magnitude est ajouté à la magnitude du SMHV, sous réserve que cette majoration reste compatible avec les données géologiques et sismiques.

L'ajout de 0,5 degré de magnitude permet de mieux tenir compte des incertitudes sur les données sismiques (recul de quelques décennies pour la sismicité instrumentale à quelques siècles pour la sismicité historique) et géologiques. Toutefois dans certains cas, cette majoration peut conduire à envisager une dimension irréaliste pour la source sismique ; il convient alors de tenir compte des dimensions maximales plausibles pour la source, lors de l'évaluation de la magnitude maximale.

■ Concernant le bassin méditerranéen occidental, cinquante neuf unités sont individualisées.

Chacune d'elle est renseignée par :

- l'intensité épacentrale la plus forte connue dans la zone,
- la magnitude de séisme la plus forte enregistrée (pour des séismes de profondeur focale > 50 km),

- le type principal de déformation actuelle (normal, inverse, décrochant, et la direction dominante des failles supposées potentiellement actives).

A partir de ces données factuelles, et en utilisant les relations empiriques de Wells et Coppersmith (1994), chaque unité est caractérisée par une valeur maximale de rupture sismique (rejet, longueur et superficie du plan de faille rompu).

Le fichier Zonage\_mer est un fichier vecteur constitué de polygones, relié à la table décrite en Figure 40.

Les résultats du zonage font l'objet de la Figure 41 et de la Figure 42. Le zonage est présenté en planche hors texte à l'échelle 1/ 2 000 000.

Figure 40 – Explication des champs associés à la table descriptive du zonage sismique

<b>Champ</b>	<b>descriptif</b>
<b>numero</b>	Identifiant numérique de la zone sismique
<b>nom_regional</b>	Appellation générale d'ordre géologique ou géographique de l'entité
<b>origine_Zone</b>	Certaines limites de zones ont pu être identifiées dans le cadre de précédent zonage, dans ce cas, une référence y est donnée. Dans d'autres cas, les limites de la zone ont été interprétées dans le cadre de ce présent travail.
<b>autre_zonage_Mmax</b>	Dans le cas où la zone a été définie lors de précédentes études, il se peut qu'une magnitude maximale y ait été évaluée. Le zonage antérieur et la valeur de magnitude maximale affichée pour la zone sont alors indiqués.
<b>remarques</b>	Ce champ précise les caractéristiques structurales et sismiques de la zone, ainsi que le choix de la magnitude maximale retenue.
<b>mecanisme</b>	Type de déformation majeur (inverse/normal/dextre ou senestre) et direction des failles principales
<b>Periode_de_retour</b>	Il s'agit d'une information sur la période de retour de certains grands séismes situés dans l'unité considérée. Ce type d'information est tiré de publication sur des travaux de paléosismicité ou d'évaluation probabiliste de l'aléa.
<b>Mmax_Instr_date</b>	<p>Il s'agit de la date du séisme de magnitude (Mw) la plus forte enregistrée et dont l'épicentre se trouve dans la zone.</p> <p>Seuls les séismes de profondeur focale inférieure à 50 km ont été retenus. En effet dans le cadre de cette étude, nous cherchons à caractériser les zones en fonction de l'importance des ruptures sismiques qu'elles sont capables de générer jusqu'à la surface du sol.</p> <p>Dans le cas des ruptures produites à plus de 50 km de profondeur et dont le plan de faille déboucherait en surface du sol, la magnitude du séisme devrait avoisiner 9. Vu le contexte sismotectonique (dimension des failles actives, caractéristiques de la sismicité historique et actuelle), un tel événement est a priori inconcevable dans le bassin méditerranéen occidental.</p> <p>Par ailleurs, de 50 km de profondeur, permet aussi de ne conserver que les séismes enregistrés dans la partie supérieure de la lithosphère.</p> <p>Le fichier de sismicité instrumentale de référence est : <i>NEIC_Earth-Medit.xls</i></p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs : <i>Mmax_Instr_Magnitude</i> et <i>Mmax_Instr_prof_f</i></p>

<p><b>Mmax_Instr_Magnitude</b></p>	<p>Il s'agit de la valeur de magnitude (Mw) du séisme la plus forte enregistrée et cela pour des séismes dont l'épicentre se trouve dans la zone et de profondeur focale inférieure à 50 km.</p> <p>Cf remarque champs <i>Mmax_enreg_date</i></p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs : <i>Mmax_Instr_date</i> et <i>Mmax_Instr_prof_f</i></p>
<p><b>Mmax_Instr_prof_f</b></p>	<p>Il s'agit de la profondeur focale du séisme de magnitude (Mw) la plus forte enregistrée et cela pour des séismes dont l'épicentre se trouve dans la zone et dont la profondeur focale est inférieure à 50 km.</p> <p>Cf remarque champs <i>Mmax_enreg_date</i></p> <p>La profondeur est exprimée en km.</p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs : <i>Mmax_Instr_date</i> et <i>Mmax_Instr_magnitude</i></p>
<p><b>Seism_max_hist_date</b></p>	<p>Il s'agit de la date du séisme d'intensité la plus forte connue et dont l'épicentre se trouve dans la zone.</p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs : <i>Seisme_max_hist_lo</i> et <i>Seisme_max_hist_Magn</i></p> <p>Le fichier de sismicité historique de référence est : <i>seismes_hist_Medit_occid.xls</i></p>
<p><b>Seism_max_hist_lo</b></p>	<p>Il s'agit de l'intensité (MSK) du séisme la plus forte connue au sein de la zone, s'agissant des séismes dont l'épicentre se trouve dans la zone.</p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs <i>Seisme_max_hist_date</i> et <i>Seisme_max_hist_Magn</i></p>
<p><b>Seism_max_hist_Magn</b></p>	<p>Il s'agit de la « magnitude macrosismique », équivalent Mw, estimée pour le séisme d'intensité la plus forte connue et dont l'épicentre se trouve dans la zone.</p> <p>Cette valeur de magnitude correspond à celle du champ <i>Mmax-final</i> du fichier <i>seismes_hist_Medit_occid.xls</i></p> <p>Il s'agit du même événement de référence que pour les champs : <i>Seisme_max_hist_date</i> et <i>Seisme_max_hist_lo</i></p>
<p><b>Mmax_final_origine</b></p>	<p>Une comparaison est faite entre les valeurs des champs : <i>autre_zonage_Mmax</i>, <i>Mmax_enregistre</i> et <i>lmax_hist_magnitude</i>. La magnitude retenue est la plus forte des 3.</p> <p>L'origine de l'évènement de référence pour la zone est alors précisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• catalogue de sismicité instrumentale (fichier <i>NEIC_Earth-Medit.xls</i>),</li> <li>• catalogue de sismicité historique (fichier <i>seismes_hist_Medit_occid.xls</i>),</li> <li>• référence d'un autre zonage</li> </ul>

<b>Mmax</b>	<p>Il s'agit de la valeur de magnitude maximale la plus forte retenue d'après les champs <i>autre_zonage_Mmax</i>, <i>Mmax_Instr_Magnitude</i> et <i>Seisme_max_hist_Magn</i></p> <p>En outre, ½ degré est rajouté à la valeur de magnitude de l'évènement de référence.</p> <p>Ce principe de majoration est comparable à celui classiquement utilisé pour la définition des séismes maximaux à prendre en considération pour les sites industriels classés.</p>
<b>Pf</b>	<p>Il s'agit d'une estimation approximative de la profondeur focale moyenne des séismes basée sur les données de la sismicité instrumentale et sur les caractéristiques structurales des zones.</p> <p>La valeur est affichée en km.</p>
<b>AD</b>	<p><b>AD ou « average displacement » : valeur moyenne du rejet de la faille en m.</b></p> <p>Il s'agit de la valeur du rejet moyen de la faille rompue pour un séisme de magnitude donnée obtenue grâce à la relation empirique de Wells et Coppersmith (1994).</p> <p>S'agissant des failles normales, pour des magnitudes inférieures à 7,3, nous avons utilisé la relation :</p> $\log (AD) = -4,45 (\pm 1,59) + 0,63 (\pm 0,24) Mw$ <p>Par contre pour les magnitudes supérieures ou dans les zones caractérisées par un mouvement inverse ou composite, nous avons appliqué la relation proposée pour tout type de mouvement :</p> $\log (AD) = -4,80 (\pm 0,57) + 0,69 (\pm 0,08) Mw$ <p>En effet, concernant la relation calculée pour les failles inverses, le coefficient de corrélation est généralement plus faible que pour les autres relations, surtout lorsqu'il s'agit des fortes valeurs de magnitudes. Nous avons donc opté pour la relation dite « toutes failles ».</p> <p>AD ou « average displacement » : valeur moyenne du rejet de la faille en m.</p>
<b>AD_incertitude</b>	<p>Il s'agit de la valeur d'incertitude relative au rejet moyen calculé pour un séisme de magnitude donnée (cf champ <i>AD</i>)</p>
<b>AD_max</b>	<p>Il s'agit de la valeur maximale du rejet moyen calculé pour un séisme de magnitude donnée (cf valeurs des champs <i>AD</i> + <i>AD_incertitude</i> )</p>

<p><b>RLD</b></p>	<p><b>RLD ou « subsurface rupture length »: longueur du plan de faille rompue en km.</b></p> <p>Il s'agit de la valeur moyenne de longueur de plan de faille rompue pour un séisme de magnitude donnée obtenue grâce à la relation empirique de Wells et Coppersmith (1994).</p> <p>S'agissant des failles normales, pour des magnitudes inférieures à 7,3, nous avons utilisé la relation :</p> $\log (RLD) = -1,88 (\pm 0,37) + 0,50 (\pm 0,06) Mw$ <p>Par contre pour les magnitudes supérieures ou dans les zones caractérisées par un mouvement inverse ou composite, nous avons appliqué la relation proposée pour tout type de mouvement :</p> $\log (RLD) = -2,44 (\pm 0,11) + 0,59 (\pm 0,02) Mw$ <p>RLD ou « subsurface rupture length »: longueur du plan de faille rompue en km.</p>
<p><b>RLD_incertitude</b></p>	<p>Il s'agit de la valeur d'incertitude correspondant à la longueur de faille rompue calculée pour un séisme de magnitude donnée (cf champ <i>RLD</i>)</p>
<p><b>RLD_max</b></p>	<p>Il s'agit de la valeur maximale de longueur de faille rompue calculée pour un séisme de magnitude donnée (cf valeurs des champs <i>RLD</i> + <i>RLD_incertitude</i>)</p>
<p><b>RW</b></p>	<p><b>RW ou « rupture width »: largeur du plan de faille rompue en km.</b></p> <p>Il s'agit de la valeur moyenne de largeur (profondeur) de plan de faille rompue pour un séisme de magnitude donnée obtenue grâce à la relation empirique de Wells et Coppersmith (1994).</p> <p>S'agissant des failles normales, pour des magnitudes inférieures à 7,3, nous avons utilisé la relation :</p> $\log (RW) = -1,14 (\pm 0,28) + 0,35 (\pm 0,05) Mw$ <p>Par contre pour les magnitudes supérieures ou dans les zones caractérisées par un mouvement inverse ou composite, nous avons appliqué la relation proposée pour tout type de mouvement :</p> $\log (RW) = -1,01 (\pm 0,10) + 0,32 (\pm 0,02) Mw$ <p>RW ou « rupture width »: largeur du plan de faille rompue en km.</p>
<p><b>RW_incertitude</b></p>	<p>Il s'agit de la valeur d'incertitude relative à la largeur de faille rompue calculée pour un séisme de magnitude donnée (cf champ <i>RW</i>)</p>
<p><b>RW_max</b></p>	<p>Il s'agit de la valeur maximale de largeur de faille rompue calculée pour un séisme de magnitude donnée (cf valeurs des champs <i>RW</i> + <i>RW_incertitude</i>)</p>

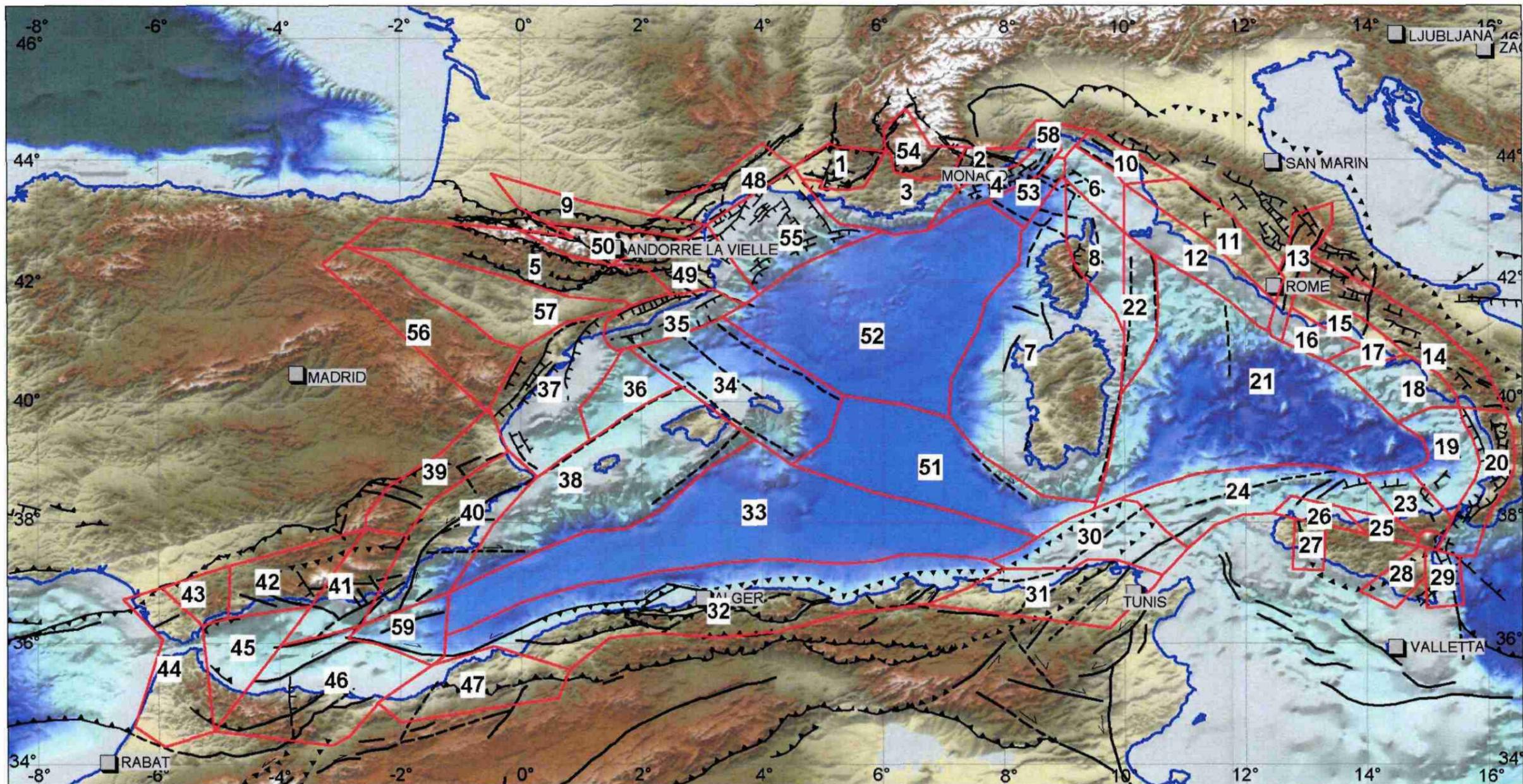


Figure 41 – Carte des zones sources sismiques proposées pour la Méditerranée occidentale



Figure 42 – Paramètres des zones sources sismiques proposées pour la Méditerranée occidentale

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_Instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
1	Provence nord occidentale	zonage probabiliste France, modifié	zonage probabiliste France, Mmax 6.0 à 6.5	Failles inverses, de direction EW, chevauchantes, à vergence sud. Le séisme le plus fort connu est celui de 1909, de magnitude estimée à 6,0. Grâce aux études de paléosismicité (Chardon et al., 2005), la période de retour de ces forts séismes a pu être précisée: P = 700 à 5000 ans.	inverse, failles EW				1909/06/11	8,5	6	Séisme historique majeur, M+0.5 (idem Zonage probabiliste France)	6,5	5	0,6	0,6	1,2	22	8	31	11	4	15
2	Alpes maritimes	ce travail (contour modifié par rapport au zonage probabiliste)	zonage probabiliste, séisme de 1887 (lo VIII-IX)	Ce domaine regroupe les grands systèmes de failles inverses NW-SE, dextre, de l'Argentera et Saorge-Taggia, et NE-SW, senestre, de Breil-Sospel-Monaco ainsi que la Vésubie-Nice-Aspremont. Ces systèmes sont probablement encore actifs et responsables des séismes dits de l'arrière pays niçois. Ces grands systèmes de failles décrochantes se poursuivent en mer probablement jusqu'au talus continental. Le rejeu du prolongement en mer du système de failles de Saorge-Taggia est une des hypothèses évoquées sur l'origine du séisme de 1887. Pour cette étude, ce séisme est pris en référence. La magnitude maximale de 6,8 (magnitude de 6,3 estimée + 0,5) correspond aussi à celle indiquée dans le cadre du zonage probabiliste de la France.	senestre NE-SW, dextre NW-SE	1995/04/21	4,8	21	1887/02/23	9	6,3	Séisme historique majeur, M+0.5 (idem Zonage probabiliste France)	6,8	5	0,8	0,7	1,5	37	14	51	15	5	20
3	Provence sud-occidentale	zonage probabiliste de la France (GeoTer, 2002)	zonage probabiliste France, Mmax 5.1 à 5.6	Domaine à déformation de la couverture essentiellement pyrénéo-provençale, peu déformée à l'alpin. Il s'agit d'une zone réputée tectoniquement stable, faiblement sismique. Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 5,6. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue.	décrochant senestre NE-SW, inverse EW	1984/02/19	4,3	5	1984/02/19	6	4,5	zonage probabiliste France, Mmax 5,6	5,6	5	0,1	0,1	0,2	7	3	10	6	2	8
4	marge nord ligure	ce travail	zonage probabiliste, séisme de 1887 (lo VIII-IX)	Les travaux de recherche les plus récents (Larroque et al. (2001 ; Laurent et al., 2000 ; Bigot-Cormier, 2001) supposent une structuration de la marge ligure par un chevauchement crustal, d'orientation globalement NE-SW, enraciné dans le socle et qui pourrait émerger au pied du talus continental. Cette déformation compressive donnerait lieu à de la distension dans la couverture du bloc chevauchant, exprimée par des failles normales NE-SW. Il n'est pas impossible que le séisme de 1887, soit du au jeu d'un de ces failles normales. La valeur maximale de magnitude retenue correspond à la valeur estimée à 6,3 du séisme de 1887 + 0,5 degré de magnitude, soit une magnitude maximale de 6,8. Cette valeur est conforme à celle indiquée pour le zonage probabiliste de la France.	normal NE-SW en surface, chevauchement crustal NE-SW profond	2001/02/25	5,1	8	1887/02/23	9	6,3	Séisme historique majeur, M+0.5 (idem Zonage probabiliste France)	6,8	5	0,7	0,6	1,3	33	13	46	17	5	22

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
5	chevauchements sud-pyrénéens	zonage probabiliste de la France (GeoTer, 2002)	Secanell et al., 2004, lmax IX	Les plis et chevauchements ont une vergence sud, opposée à celle de la zone de chevauchements nord pyrénéens. Les grandes structures actives sont les chevauchements de Gavarnie, de la Sierra Montsech, le chevauchement frontal sud pyrénéen et celui de Nogueras. La sismicité de cette zone est relativement peu élevée. Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 6,3. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue ici.	inverse ENE-WSW	2004/09/18	5,3	1	1923/07/10	7,5	5,4	zonage probabiliste France, Mmax 6,3	6,3	5	0,4	0,3	0,7	19	7	26	10	4	14
6	Golfe Genova-Ligure	zonage probabiliste	zonage probabiliste France, Mmax 5.5 à 6.0	Il s'agit de la zone d'intersection entre les extrémités nord du bassin tyrrhénien, et nord-est du bassin ligure, et la zone externe en distension du nord-est de la chaîne apennine. La direction structurale majeure est NW-SE. La sismicité de cette zone est a priori peu élevée. Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 6,0. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue ici.	normal à dextre de failles NW-SE ? chev. profond NW-SE ?							zonage probabiliste France, Mmax 6,0	6	5	0,2	0,2	0,4	13	5	17	8	3	11
7	Corse et Sardaigne hercynienne	zonage probabiliste pour la Corse	zonage probabiliste (pour la partie corse, Mmax 5.7 à 6.2)	Avant l'ouverture du bassin liguro-provençal, la Corse occidentale et la Sardaigne s'étendaient entre l'extrémité orientale actuelle de la chaîne pyrénéenne et le sud des massifs Maures Esterel. Le bloc corso-sarde présente une situation particulière car il sépare deux bassins d'arrière arcs, le bassin Ligure et la mer Tyrrhénienne. La sismicité de cette zone est relativement faible, le plus fort séisme connu étant celui de 1755, d'intensité VII. S'agissant de la Corse hercynienne, le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 6,2. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue dans le cadre de ce travail.	?	2006/03/24	4,1	8	1775/10/22	7	5,1	zonage probabiliste France, Mmax 6,2	6,2	10	0,3	0,3	0,6	16	6	22	9	3	13
8	Corse alpine et bassin Corse	zonage probabiliste	zonage probabiliste (pour la partie corse, Mmax 5.1 à 5.6)	Située au nord-est de la partie cristalline corse, la Corse alpine présente le front de chevauchements des unités alpines internes (schistes lustrés) sur la plateforme européenne. A l'est, il s'agit du bassin Corse, lequel est constitué de séries miocènes à plio-quaternaires. Concernant la ride de Pianosa (zone 22), le bassin Corse (zone 8), et la marge Toscane (zone 12), ces trois domaines structuraux constituent la partie nord du bassin tyrrhénien, caractérisé par une croûte uniquement continentale, mais sujet à une forte extension fini-miocène à actuelle. Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 5,6. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue ici.	normal NS ?	1995/04/09	4,1	10	1978/04/03	6	4,6	zonage probabiliste France, Mmax 5,6	5,6	5	0,1	0,1	0,2	7	3	10	6	2	8

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	incertitude	incertitude	incertitude
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications			rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km					
9	chevauchements nord pyrénéens	zonage probabiliste France, Isard	zonage probabiliste France, Mmax 5.7 à 6.2 Secanell et al., 2004, lmax VIII	L'activité sismique semble se répartir principalement sur des chevauchements sub-équatoriaux qui affectent la couverture mésozoïque au nord de la grande faille nord pyrénéenne (qui borde au nord la zone axiale pyrénéenne) et au sud du front de chevauchement nord pyrénéen. Le séisme de référence correspond à celui dit de Bigorre, du 21 juin 1660, d'intensité épicentrale VIII-IX. Son épicentre se trouve dans le prolongement ouest de la zone 9 (extrémité non cartographiée dans le cadre de cette étude). Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 6,2. En l'absence d'informations complémentaires, c'est cette valeur max qui est retenue ici.	inverse WNW-ESE	1996/02/18	5	10	1660/06/21	8,5		zonage probabiliste France, (M = 5.7) + 0.5	6,2	5	0,6	0,6	1,2	15	6	21	9	3	12
10	Liguria Sud	GSHAP_Adriatique, 27	zonage probabiliste France, Mmax 6.9 à 7.4	Voisine de l'extrémité nord-septentrionale de la chaîne des Apennins, cette zone subit à la fois les déformations liées au chevauchement des Apennins vers le Nord sur la plaine du Pô, mais aussi, la compression NE-SW enregistrée en mer ligurienne. Dans ce contexte, les failles de direction NW-SE jouent plutôt en décrochement dextre. Le séisme le plus fort connu est celui de 1814 (intensité VI-VV). Le zonage probabiliste de la France affiche une valeur maximale de magnitude égale à 7,4. Cette valeur nous paraît néanmoins excessive par rapport au contexte sismotectonique environnant. En l'absence d'informations complémentaires, on retiendra la valeur Mmax estimée pour la zone 11, sismotectoniquement proche.	NW-SE décrochant dextre à normal, et chev. profond NW-SE	1995/10/10	5,3	10	1814/04/03	6,5	5,2	Mmax de la zone 11	7	5	0,9	0,8	1,7	42	17	58	20	6	26
11	Toscane Sud	GSHAP_Adriatique, 31 - 41 - 42	zonage probabiliste France, Mmax 6.4 à 6.9	Cette zone longe la zone axiale interne de la chaîne Apennine septentrionale. Elle est caractérisée par quelques failles normales récentes. La sismicité y est relativement peu fréquente, néanmoins plusieurs épicentres de séismes historiques d'intensité voisine de VIII y sont localisés, parmi eux celui de l'an -217 d'intensité estimée à VIII-IX. La valeur de Mmax est évaluée à 7,0. Cette valeur est proche de celle retenue pour le zonage probabiliste de la France.	NW-SE à NS normal, chevauchement profond	78/12/21	4,6	10	mois de juin de l'an -217	8,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7	5	0,9	0,8	1,7	42	17	58	20	6	26
12	marge de Toscane	ce travail		La marge toscane est caractérisée par une structure en horsts et grabens d'orientation NS à NNW-SSE. Les sédiments synrifts dans ces grabens sont de plus en plus récents en s'approchant de la côte italienne. Concernant la ride de Pianosa (zone 22), le bassin Corse (zone 8), et la marge Toscane (zone 12), ces trois domaines structuraux constituent la partie nord du bassin tyrrhénien, caractérisée par une croûte uniquement continentale, mais sujet à une extension actuelle importante. La sismicité de cette zone est relativement faible. Le plus fort séisme connu est celui de 1819 (intensité VII). Ce qui conduit à une valeur de Mmax de l'ordre de 5,7.	NW-SE à NS normal, chevauchement profond	1984/05/21	4,7	21	1819/05/26	7	5,2	Séisme historique majeur, M+0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,2	8	3	12	7	2	9

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				rejet en surface en m	incertitude	max	longueur du plan de faille rompue en km	incertitude	max	largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km	incertitude	max
13	zone de transfert entre la chaîne axiale nord et sud des Apennins	GSHAP_Adriatique,		Cette faille de transfert, de direction NNE-SSW sépare en deux la chaîne des Apennins. Elle correspond à une interruption des failles NW-SE de la partie Nord ou de la partie Sud des Apennins par un système de failles décrochantes dextres NNE-SSW. La compression au front du chevauchement des Apennins est active seulement dans la partie nord de la chaîne, tandis qu'à l'arrière du front chevauchant il s'agit de failles normales NW-SE (Meletti et al., 2000). Dans le sud des Apennins (arc de Calabre), il s'agit par contre uniquement de failles actives normales jeunes. Le séisme le plus fort connu dans cette zone est celui de 1703 (intensité IX-X). Ce qui conduit à une valeur de Mmax de l'ordre de 7,3.	normal, NNW-SSE dextre, NE-SW	1997/09/26	6,4	10	1703/01/14	9,5	6,8	Séisme historique majeur, M+0.5	7,3	10	1,7	1,6	3,3	74	28	101	21	7	29
14	partie sud de la chaîne axiale des Apennins	GSHAP_Adriatique - 58, 52 63 67, mo		La chaîne apennine, de direction NW-SE, est structurée en deux domaines principaux séparés par une faille de transfert (cf zone 13). La chaîne septentrionale présente un front compressif actif, et à l'arrière des déformations distensives, avec une vitesse d'extension de l'ordre de 2 à 4 mm/an. La chaîne méridionale ne présente que des déformations distensives, avec une vitesse de l'ordre de 4 à 5 mm/an. Cette déformation distensive de la couverture est liée à la rotation antihoraire de la plaque adriatique en subduction sous la plaque européenne. La zone 14 concerne la partie interne méridionale de la chaîne apennine. Elle est caractérisée par le jeu normal de jeunes failles NW-SE. Il s'agit d'une des régions les plus actives de l'Italie. Le plus fort séisme connu est celui de 1980. Ce qui conduit à une valeur de Mmax de l'ordre de 7,7.	normal NW-SE, chevauchement profond	1980/11/23	7,2	10	1915/01/13	9,5	7	sismicité instrumentale, M+0.5	7,7	10	3,3	3,0	6,3	127	48	175	36	10	46
15	versant sud-ouest de la chaîne des Apennins	GSHAP_Adriatique -49, modifié		Il s'agit d'une zone externe à la chaîne apennine, déformée vraisemblablement par des failles normales NW-SE. Les zones 15 et 16 sont comprises entre les zones 13 et 17, relatives à des systèmes de failles majeures transverses à la direction NW-SE apennine. Le plus fort séisme connu serait celui de 1170 (intensité VIII). Ce qui porte à 6,1 la valeur du Mmax retenue pour l'étude.	NW-SE à NS normal, chevauchement profond				1170/05/09	8	5,6	Séisme historique majeur, M+0.5	6,1	10	0,2	0,2	0,5	15	6	21	10	3	13
16	zone intermédiaire entre le versant SW des Apennins et le bassin océanique tyrrhénien	ce travail		Limitée à l'Est par la côte italienne (zone 15) et à l'ouest par le talus continental, la zone 16 pourrait correspondre à la partie la plus externe de la chaîne apennine. La sismicité y est relativement peu fréquente. Néanmoins quelques épicentres historiques sont mentionnés, dont les séismes de 1793 et 1848, d'intensité estimée à VII. La valeur du Mmax est évaluée à 5,7.	normal NW-SE ?				1793/07/25 (et 1848/07/05)	7	5,2	Séisme historique majeur, M+0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,2	8	3	12	7	2	9

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	incertitude	incertitude	incertitude
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications			rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km					
17	Région d'Ischia-Phlegrean et du Vésuve	GSHAP_Adriatique - 56, modifié		La chaîne apennine, d'axe NW-SE, est découpée par des failles transverses NE-SW à E-W, majeures puisqu'elles interrompent les failles normales NW-SE qui structurent la chaîne. La zone 17 correspond à l'un de ces systèmes de failles transverses. Son orientation est ENE-WSW. Le mouvement principal est normal. Dans cette zone se trouve aussi le volcan actif Vésuve. Le plus fort séisme connu est celui de 1883 (intensité VIII-IX). Ce qui porte à 6,3 la valeur du Mmax.	normal ENE-WSW, chevauchement profond				1883/07/28	8,5	5,8	Séisme historique majeur, M+0.5	6,3	5	0,3	0,3	0,6	19	7	26	12	3	15
18	marge de la Campanie	ce travail		La sismicité de cette zone est très faible en comparaison avec la zone interne apennine qu'elle jouxte. Les rares séismes de faibles profondeurs focales indiquent néanmoins la possibilité de failles normales NW-SE, parallèles aux failles actives de la zone interne. Le plus fort séisme connu est celui de 1687 (intensité VII). Ce qui porte à 5,7 la valeur du Mmax.	normal NW-SE, chevauchement profond	1983/09/29	4,6	12	1687/04/25	7	5,2	Séisme historique majeur, M+0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,2	8	3	12	7	2	9
19	zone intermédiaire entre l'arc de Calabre et le bassin océanique tyrrhénien	ce travail		Il s'agit de la marge de la Calabre. Les failles actives sont des failles normales sub-méridiennes, parallèles à la côte, et des failles transversales, NE-SW, à jeu dextre. Le plus fort séisme connu est celui de 1777 (intensité VII-VIII). Ce qui porte à 6 la valeur du Mmax.	normal NNW-SSE au Nord, NE-SW au sud	2004/04/03	4,8	10	1777/06/06	7,5	5,5	Séisme historique majeur, M+0.5	6	10	0,2	0,2	0,4	13	5	18	9	3	12
20	arc de Calabre	GSHAP_Adriatique 66 - 69, modifié		En Calabre, la direction d'extension, NE-SW dans la partie nord et centrale de la chaîne des Apennins, devient E-W. En outre, la vitesse de déformation augmente aussi, puisque estimée entre 2 et 4 mm/an au nord, elle est supposée entre 4 et 5 mm/an au sud. Les failles normales sont orientées NS à NNE-SSW. Le séisme le plus fort connu est celui de 1908 (intensité X). Ce qui conduit à une valeur de Mmax de l'ordre de 7,7.	normal NNW-SSE au Nord, NNE-SSW au sud	1978//03/11	5,6		1908/12/28	9,5	7,2	Séisme historique majeur, M+0.5	7,7	10	3,3	3,0	6,3	127	48	175	28	10	38
21	bassin océanique tyrrhénien	ce travail		Le bassin tyrrhénien est interprété comme un bassin d'arrière arc, lié à la convergence Europe-Afrique, et plus directement à la subduction de la plaque adriatique sous la plaque européenne. L'extension a été différente au nord et au sud de la mer tyrrhénienne, engendrant ainsi deux domaines structurellement différents : le bassin nord tyrrhénien avec une croûte continentale étirée (cf zones 8, 12 et 22), et le bassin sud tyrrhénien caractérisé par la présence de croûte océanique. Dans le bassin sud tyrrhénien, la formation de la croûte océanique a débutée il y a environ - 9 Ma et continue à se former actuellement. La sismicité de cette zone est faible. Les séismes sont généralement très profond (foyers à plus de 100 km).																			

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
22	ride de Pianosa	ce travail		La ride de Pianosa est considérée comme un antiforme d'axe NS, avec affleurement de séries de miocènes moyens. L'est de la ride est par ailleurs marqué par des intrusions granitiques (îles d'Elbe et de Montecristo) récentes, tandis qu'à l'ouest on observe une activité volcanique (île de Capri). Concernant la ride de Pianosa (zone 22), le bassin Corse (zone 8), et la marge Toscane (zone 12), ces trois domaines structuraux constituent la partie nord du bassin tyrrhénien, caractérisé par une croûte uniquement continentale, mais sujet à une extension actuelle importante. Le séisme le plus fort connu est celui de 2004, de magnitude 5,1. La valeur de Mmax est donc estimée à 5,6.	normal NS ?	2004/12/18	5,1	10				sismicité instrumentale, séisme majeur, M+0.5	5,6	10	0,1	0,1	0,2	7	3	10	6	2	8
23	Sicile nord orientale, Cap d'Orlando	GSHAP Adriatique, 74	Bottari et al., 2005, séisme de 1978 (M = 6.1 d'après EMIDIUS)	Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Bottari et al. (2005). Elle correspond au Sud, à des systèmes de failles actives de direction NW-SE et jeu dextre, et au Nord, à des failles plutôt de direction E-W, à jeu normal. Les séismes les plus forts connus sont ceux de 1786 ou de 1978, d'intensité VIII-IX. Sur cette base, la valeur de Mmax considérée est de 6,6,	normal-dextre NW-SE, normal E-W	1980/05/28	5,7	14	1786/03/10 et 1978/04/15	8,5	6,1	Séisme historique majeur, M+0.5	6,6	10	0,5	0,4	0,9	26	11	37	15	4	19
24	zone de haut fond oriental entre les parties occidentale et orientale de la mer Méditerranée, et marge sud du bassin tyrrhénien	ce travail	non indiquée dans le zonage GSHAP	Cette zone est située à l'aplomb supposé de la limite de plaque Afrique-Europe, aujourd'hui en contact avec la bordure sud du bassin d'arrière-arc tyrrhénien. Les mécanismes au foyer des séismes indiquent une direction de compression orientée NW-SE. La profondeur focale des séismes enregistrés est inférieure à 10 km. Les séismes les plus forts connus ont atteint la magnitude 5, ce qui donnerait une valeur de Mmax de 5,5. Vu la localisation de cette zone dans un contexte tectonique a priori très actif (limite de plaque Afrique-Europe), cette valeur de Mmax nous paraît sous-estimée, néanmoins en l'absence d'informations complémentaires, elle sera conservée dans le cadre de la présente étude.	inverse WSW-ENE ?	2002/09/06	6	5	1924/11/12	6,5	5	Séisme historique et enregistré majeur, M+0.5	5,5	10	0,1	0,1	0,2	6	2	9	6	2	8
25	Sicile nord, versant nord du Nébroti	GSHAP Adriatique, 75	Bottari et al., 2005, séisme de 1967 (M=5.5 d'après EMIDIUS)	Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Meletti et al. (2000), et Bottari et al. (2005). Elle correspond à des systèmes de failles à jeu dextro-normal, de direction WNW-ESE. Le séisme le plus fort connu est celui de 1823, d'intensité VIII. Sur cette base, la valeur de Mmax considérée est de 6,4,	inverse WNW-ESE	1977/06/05	4,9	8	1823/03/05	8	5,9	Séisme historique majeur, M+0.5	6,4	10	0,6	0,6	1,2	20	7	27	10	4	14
26	Sicile nord occidentale, côte de Palerme	GSHAP Adriatique, 76		Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Meletti et al. (2000). Elle correspond à des systèmes de failles inverses, de direction WNW-ESE (Meletti et Valensise, 2004). Le séisme le plus fort connu est celui de 1726, d'intensité VIII. Sur cette base, la valeur de Mmax considérée est de 6,1,	dextro-normal WNW-ESE	1998/01/17	4,9	10	1726/09/01	8	5,6	Séisme historique majeur, M+0.5	6,1	10	0,2	0,2	0,5	15	6	21	10	3	13

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	incertitude	incertitude				
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
27	Valle del Belice	GSHAP_Adriatique, 77	Bottari et al., 2005, séisme de 1968 (M = 6.1 d'après EMIDIUS)	Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Meletti et al.(2000). Elle se trouve à l'aplomb de la limite supposée des plaques Afrique-Europe. Cette zone correspond à une importante faille crustale subméridienne à jeu actuel dextre. Le séisme le plus fort connu est celui de 1968, d'intensité IX. Sur cette base, la valeur de Mmax considérée est de 6,6,	dextre N-S (faille de transfert ?)				1968/01/15	9	6,1	Séisme historique majeur, M+0.5	6,6	10	0,4	0,3	0,7	33	12	45	11	4	14
28	nord-est du plateau ibléen	GSHAP_Adriatique, 78	Bottari et al., 2005, séisme de 1818	Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Meletti et al.(2000), et Bottari et al. (2005). Parmi les hypothèses actuelles, elle est indiquée à l'aplomb de la limite entre les plaques Afrique et Adriatique. Le séisme le plus fort connu est celui de 1818, d'intensité VII-VIII. Ce qui en appliquant le principe [Mmax-observé + 0,5] donne une valeur de 6,1 pour Mmax.	inverse NE-SW				1818/03/01	7,5	5,6	Séisme historique majeur, M+0.5	6,1	10	0,6	0,6	1,2	13	5	18	8	3	10
29	escarpement de Malte	GSHAP_Adriatique, 79, modifié	Bottari et al., 2005, séismes de 1169 (M = 6.6 d'après EMIDIUS) et de 1693 (M = 7.4 d'après EMIDIUS)	Cette zone est indiquée dans le zonage sismique de l'Italie et décrite par Meletti et al.(2000), et Bottari et al. (2005). Elle se trouve à la limite entre les plaques Afrique et Adriatique. Le volcan actif Etna se trouve au niveau de cette structure, L'Escarpement de Malte constitue le trait morphostructural majeur de cette région. Il s'agit d'un système de failles NS, à jeu dextre à normal. Le séisme le plus fort connu est celui de 1693, d'intensité IX-X. Ce qui en appliquant le principe [Mmax-observé + 0,5] donne une valeur de 7,9 pour Mmax. Cette valeur nous semble a priori excessive vu la taille de la source (de l'ordre de 150 km). Aussi dans le cadre de cette étude, on retiendra la valeur de 7,4 (magnitude du SMHV) comme valeur de Mmax.	dextre-normal NNE-SSW	1990/12/13	5,6	11	1693/01/11	9,5	7,4	Séisme historique majeur	7,4	10	2,0	1,9	3,9	84	32	116	23	8	31
30	zone de haut fond occidental, séparant les parties orientale et occidentale de la mer Méditerranée	ce travail		Il s'agit de la terminaison orientale marine des failles inverses de la chaîne maghrébine. En dépit de l'absence d'événements sismiques historiques ou instrumentaux localisés dans cette zone (d'après les données collectées pour l'étude), et du fait de sa localisation dans le contexte géodynamique actuel de la Méditerranée, la valeur du Mmax est considérée identique à celle de la zone 31 (dépression de Constantine et région d'Annaba),	inverse NE-SW							caractéristique de unité 31, M+0.5	7	10	0,7	0,7	1,4	44	16	60	18	6	25

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
31	dépression de Constantine et région d'Annaba	ce travail		<p>Cette zone correspond à la terminaison orientale de la chaîne externe maghrébine (Atlas tunisien). Elle se caractérise par une déformation essentiellement décrochante. Ainsi, le trait structural majeur de cette zone correspond au système de décrochement senestre, NE-SW, de Teboursouk-Tebourba. Il se suit sur plus d'une centaine de kilomètres, depuis la frontière algéro-tunisienne jusqu'au golfe de Tunis.</p> <p>L'activité sismique y est moins fréquente que dans la chaîne interne du Tell. Les séismes les plus forts connus sont ceux de 412 ou 856, d'intensité IX-X. La valeur de Mmax considérée pour l'étude est de l'ordre de 7,0</p>	dextre WNW-ESE, senestro-inverse NNE-SSW à NE-SW	1994/09/17	5,2	10	an 412 et an 856	9,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7	10	1,1	1,0	2,1	49	18	67	17	6	23
32	Rif Tell et marge nord maghrebine	ce travail		<p>La carte géodynamique de la Méditerranée (publication CGMW, 2004) suppose un front chevauchant continu sur toute la marge algérienne jusqu'au nord de la Sicile. En outre, les récents travaux de Deverchère et al (2005) et Yelles et al. (soumis) soulignent l'importance des structures compressives actives et à vergence nord localisées au nord de la chaîne, et qui pourraient émerger au niveau du talus continental. C'est pourquoi la zone proposée englobe à la fois les structures compressives à vergence sud localisées dans la chaîne du Maghreb, mais aussi les structures à vergence nord qui borderaient le talus continental algéro-maghébin (depuis Oran jusqu'à Constantine).</p> <p>L'étude de la sismicité de Hamdache (1998) indique : a) une magnitude jusqu'à 8.0 dans la région d'El Asnam, avec une période de retour de l'ordre de 1700 ans, b) dans le bassin de Soumam, pour M = 7.8, une récurrence de 10 000 ans environ. Par ailleurs, les travaux de Aoudia et al. (2000), indique pour : a) la faille du Sahel (L=70 km), une magnitude maximale de 7.6 ; b) la faille du Cheliff (L=36 à 40 km), une magnitude maximale de 7.5.</p> <p>Le plus fort séisme connu dans cette zone est celui de 1980 de magnitude 7.3. Ce qui amène à considérer pour cette zone une valeur de Mmax à 7,8.</p>	inverse ENE-WSW, dextre NW-SE, senestre NNE-SSW	1980/10/10	7,3	10	1856/08/21 1980/10/10	9,5 (1956) 10 (1980)	6,5 (1856) 7,3 (1980)	sismicité instrumentale, séisme majeur, M+0.5	7,8	10	3,8	3,5	7,3	145	55	200	31	11	41
33	bassin algérien : partie sud du bassin océanique de la Méditerranée occidentale	ce travail		<p>Le bassin algérien est séparé du bassin liguro-provençal par une faille de transfert majeure, orientée NW-SE (cf zones 34 et 51), dit schématiquement, faille Catalane.</p> <p>L'ouverture et l'océanisation du bassin algérien est postérieure à celle du bassin liguro-provençal. Elle est datée du Langhien, Miocène moyen, vers -16 Ma.</p> <p>Au Sud et au Nord-Ouest, cette région à croûte océanique est limitée par les chaînes de montagnes alpines, bétique et maghrébine (cf zones 32 et 38).</p> <p>La sismicité de cette zone est très faible.</p>																			

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	longueur du plan de faille rompue en km	incertitude	incertitude	incertitude
34	zone intermédiaire Nord-Ouest entre le bassin liguro-provençal et le bassin algérien	ce travail		<p>Les failles NW-SE qui caractérisent cette zone correspondent à un important système de failles transformantes, dites nord-baléares, actives lors de la distension oligo-miocène des bassins liguro-provençal et algérien. Avec l'ouverture de l'océan liguro-provençal, c'est ce système de failles qui a guidé la rotation de 30° vers le SE du bloc Corse-Sardaigne.</p> <p>Au SE, la zone 51 se trouve dans son prolongement, par contre la zone 51 correspond à la partie océanisée de cette ancienne zone transformante.</p> <p>Les zones 34 et 51 sont relativement peu sismiques. Le plus fort séisme connu est celui de 1977, localisé au sud de la Sardaigne.</p> <p>En l'état actuel des connaissances, le séisme de référence de la zone est le même que celui définie pour la zone 51. La valeur du Mmax est donc de 5,7.</p>	dextre ?							caractéristique de unité 51, M+0.5	5,7	10	0,1	0,0	0,1	9	3	12	6	2	8
35	cordillère ibérique septentrionale	Secanell et al., 2004	Secanell et al., 2004, lmax IX	<p>La chaîne tertiaire catalane est caractérisée par de nombreuses failles normales, NE-SW, qui se sont développées durant l'ouverture du golfe du Lion à l'Oligo-Miocène.</p> <p>Au NE, les failles NW-SE limitent l'extension des failles NE-SW perpendiculaires. Plusieurs points d'émissions volcaniques mio-quaternaires soulignent cette structuration.</p> <p>Le système de failles NE-SW, émergé, le plus important est celui du fossé de Vallès-Penedès, lequel est limité au NW par la faille de Montseny. Les études de paléosismicité indiquent au niveau de cette dernière et pour un séisme de magnitude 6,5, une récurrence de 9 000 ans environ (Ojeda et al., 2002).</p> <p>Le plus fort séisme historique connu est celui de 1448. Ce qui conduit à définir une valeur de Mmax de 6,2 pour cette zone.</p>	normal NE-SW	1995/05/15	4,9	10	1448/05/25	8	5,7	Séisme historique majeur, M+0.5	6,2	10	0,3	0,2	0,5	17	7	23	11	3	14
36	zone à croûte continentale réduite du bassin de Valencia	ce travail		<p>Il s'agit d'une zone d'extension limitée du bassin de Valencia qui correspond à une zone à croûte continentale amincie (8 à 10 km d'épaisseur). Cet amincissement crustal est lié à l'ouverture du bassin liguro-provençal à l'oligo-miocène. Cette zone est située entre les zones 37 et 38, respectivement, zone à déformation distensive NNE-SSW du bassin de Valencia et terminaison NE de la cordillère bétique.</p> <p>La sismicité y est peu élevée.</p>																			
37	bassin de Valencia	Secanell et al., 2004, modifié	Secanell et al., 2004, lmax IX	<p>Le bassin de Valencia s'inscrit entre, à l'Ouest la chaîne centrale ibérique de direction générale NW-SE (zone 56) et à l'est la chaîne bétique orientée NE-SW. Sa structuration actuelle par des failles normales résulte de la distension oligo-miocène à quaternaire. Les mécanismes au foyer des séismes situés au sud de cette zone, indiquent le jeu normal de failles NW-SE. La partie Nord de la zone est par contre caractérisée par des failles normales NS à NE-SW. Le séisme le plus fort connu est celui de 1396, d'intensité VIII-IX. Ce qui conduit à une valeur de 7,0 pour Mmax, A noter cependant que les travaux de paléosismicité focalisés sur une de ces failles (faille d'El Camp) indiquent des période de retour de l'ordre de 30 000 ans pour des séismes de magnitude 6,7 (Ojeda et al, 2002).</p>	normal NE-SW, NNW-SE au sud	2003/09/21	4,9	10	1396/12/18	8,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7	10	0,9	0,8	1,7	42	17	58	20	6	26

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
38	terminaison NE de la cordillère bétiques et îles Baléares	ce travail		La structuration principale de la chaîne bétique s'est produite durant le Miocène supérieur avec la mise en place de plis et de chevauchements. La zone 38 correspond à la terminaison NE de cette chaîne. Il s'agit d'une zone à croûte continentale non amincie, située entre le bassin de Valencia à l'Est (à croûte continentale amincie) et, à l'ouest, le bassin algéro-provençal (à croûte océanique). Les mécanismes au foyer des séismes indiquent une déformation plutôt inverse de failles NE-SW à ENE-WSW ou décrochante de failles NS ou NW-SE. La sismicité y est a priori faible, le séisme le plus fort connu étant celui de 1981, de magnitude 4,9. Ce qui conduit à une valeur de Mmax de 5,4.	inverse ENE-WSW	1981/03/05	4,9	9				sismicité instrumentale, séisme majeur, M+0.5	5,4	9	0,1	0,1	0,2	6	2	8	5	2	7
39	zone intermédiaire entre le bassin de Valencia et le front nord de la chaîne bétique	GSHAP- Ibero-Maghreb, modifié	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 6.7	Cette zone correspond au domaine structural prébétique de la cordillère bétique externe. La phase de compression alpine fini-miocène a donné lieu à l'essentiel de la structuration de cette partie de la cordillère, avec la mise en place de plissements et de chevauchements, d'axe NE-SW. Cette direction structurale a ensuite été reprise par le jeu de failles normales lors de la distension fini-miocène à quaternaire ancien. Aujourd'hui, dans cette région, la compression NW-SE entre l'Afrique et l'Europe donne lieu au jeu en décrochement senestre des failles NE-SW. La sismicité de cette zone 39 paraît moins élevée que pour la zone 40. Le séisme le plus fort connu est celui de 1748, d'intensité IX. La valeur de Mmax est estimée à 6,7.	senestre NE-SW à inverse ENE-WSW	2002/08/06	4,8	10	1748/03/23	9	6,2	Séisme historique majeur, M+0.5	6,7	10	0,7	0,6	1,3	33	12	45	14	5	18
40	zone de failles NE-SW et NNE-SSW d'Alicante-Murcia-Carboneras	GSHAP- Ibero-Maghreb, modifié	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 7.0	Les failles NE-SW d'Alicante-Murcia correspondent à un système structural majeur de cette partie de la chaîne externe bétique, qui a joué durant toutes les phases, compressives ou distensives, de l'orogénèse alpine, du Miocène à Quaternaire. Au sud, ce système se prolonge à travers le système Murcia-Carboneras, de direction NNE-SSW. Ce dernier décale l'axe orogénique interne bétique. Au sud-est, il rejoint à son tour le système de failles dit de la ride d'Alboran. Ainsi, ces systèmes de failles qui se suivent depuis Alicante jusqu'à Carboneras constituent donc une limite structurale majeure pour la chaîne bétique. Aujourd'hui ces accidents jouent en décrochements senestres. Leur activité sismique actuelle est par ailleurs soulignée par des alignements épicaux. Le plus fort séisme connu est celui de 1884, d'intensité IX-X. La valeur de Mmax est considérée à 7.1	senestre NE-SW à inverse ENE-WSW	1976/09/26	5,6	10	1829/03/21	9,5	6,6	Séisme historique majeur, M+0.5	7,1	10	1,3	1,2	2,4	56	21	77	18	6	25
41	région d'Almeria	ce travail	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 6.7	Cette zone se trouve d'une part, au niveau de la cordillère bétique interne et d'autre part, à l'intersection des failles WNW-ESE à E-W à jeu normal à dextre qui structurent la région de Malaga et des failles NE-SW senestres qui structurent et décalent l'axe de la cordillère bétique et s'allongent entre Alicante et Carboneras. Avec les deux zones voisines, 40 et 42, il s'agit d'une des régions où la sismicité est la plus élevée de la péninsule ibérique. Le plus fort séisme connu est celui de 1884, d'intensité IX-X. La valeur de Mmax est donc estimée à 7,0.	normal NW-SE, senestro -inverse NE-SW	1978/05/11	5,6	26	1522/09/22 (et 1804/08/25)	8,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7	10	0,9	0,8	1,7	42	17	58	20	6	26

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	incertitude	incertitude	incertitude			
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications			rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km					
42	région de Malaga, segment de la cordillère bétique interne	GSHAP- Ibero-Maghreb-S7	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 7.0	La direction de la compression entre l'Afrique et la plaque Ibérique (microplaque coincée entre l'Europe et l'Afrique) est approximativement NNW-SSE, et ce depuis la fin du Miocène jusqu'à aujourd'hui. Cette compression est accompagnée d'une contrainte extensive E-W. La zone 42 correspond à la partie interne de la zone orogénique bétique, limitée à l'est par les failles NE-SW subparallèles au système de failles Alicante-Carboneras. Les mécanismes au foyer des séismes indiquent plus spécialement des jeux dextres de failles WNW-ESE. Le plus fort séisme connu est celui de 1884, d'intensité estimée à IX-X. En se référant au SMHV, la valeur de Mmax serait donc égale à 7,0. Cette valeur est inférieure à celle indiquée dans GSHAP (égale à 7,0, sans majoration). Dans l'état actuel des connaissances, pour ce travail nous retiendrons la valeur de Mmax à 7,0, laquelle nous paraît plus cohérente avec les autres valeurs définies en zones 46 ou 41 (zones aux caractéristiques sismotectoniques voisines).	dextre WNW-ESE, normal NNW-SSE	1976/08/24	5,4	24	1884/12/25	9,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7	10	1,1	1,0	2,1	49	18	67	17	6	23
43	zone intermédiaire entre le bassin néogène de Gibraltar et la zone interne bétique de Malaga	GSHAP- Ibero-Maghreb, S8	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 5.5	Cette zone correspond à une partie de la zone interne bétique, mais à la différence de la zone 42 voisine, à déformations décrochantes à normales, le type de déformation en zone 43 serait plutôt compressif. La sismicité y est relativement faible. Le séisme le plus fort connu est celui de 1901, d'intensité VI-VII. La valeur de Mmax est donc considérée à 5,7.		2005/06/15	4,4	41	1901/02/10	6,5	5,2	Séisme historique majeur, M+0.5	5,7	5	0,1	0,1	0,2	8	3	12	7	2	9
44	extrémité occidentale du Rif et de la cordillère bétique	GSHAP- Ibero-Maghreb, IM9	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 5.3	Il s'agit de la jonction des extrémités occidentales de la chaîne maghrébine (nommé le Rif) et de la chaîne bétique. De WSW-ENE, l'orientation des deux chaînes devient NS. Les mécanismes au foyer des séismes indiquent aujourd'hui le jeu de failles dextres NW-SE ou senestres NE-SW, compatible avec une direction de compression NNW-SSE. Le séisme le plus fort connu est celui de 1909, d'intensité VIII-IX et magnitude estimée à 6,4. La valeur de Mmax retenue est donc de 6,9.	dextre NNW-SSE, senestre NE-SW	1983/09/20	4,5	0	1909/01/21	8,5	6,4	Séisme historique majeur, M+0.5	6,9	5	0,8	0,5	1,3	51	18	69	13	4	17
45	extrémité ouest de la mer d'Alboran	GSHAP- Ibero-Maghreb, IM5	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 4.7	D'après la carte géologique de la Méditerranée (Edit. BGR, 2005), cette partie de la mer d'Alboran serait caractérisée par une croûte continentale amincie. Les mécanismes au foyer des séismes indiquent que la mer d'Alboran est actuellement soumise à une tectonique en extension. Cette zone est sismiquement moins active que les zones voisines. Le séisme le plus fort connu est celui de 1975, de magnitude 5,2. Ce qui permet de retenir une valeur de Mmax de l'ordre de 5,7.	normal ENE-WSW	1975/08/07	5,2	0				sismicité instrumentale, séisme majeur, M+0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,2	9	4	13	7	2	9

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
46	zone faillée NE-SW de Jehba et Nékor	GSHAP- Ibero-Maghreb	GSHAP- Ibero-Maghreb, Mmax = 5.8	Comme l'indique les mécanismes au foyer des séismes, la distension qui affecte la partie ouest de la mer d'Alboran (cf zone 45) affecte aussi cette région. Les grands systèmes de failles NE-SW ou NS qui la structurent rejoignent en décrochement ou en faille normale. Du Nord au Sud, il s'agit en particulier, des failles : a) sous-marines, NE-SW de la ride d'Alboran, à jeu supposé senestre b) de Boussekk, à jeu senestre c) de direction NS, d'al Hoceima, à jeu normal, d) de Nekor, d'orientation NE-SW, à jeu senestre-normal. Le séisme le plus fort connu dans cette zone est celui de 2004 (dit d'Al Hoceima), de magnitude 6.5. La valeur de Mmax retenue pour cette zone est donc considérée à 7.0.	normal NS, dextre-normal NW-SE	2004/02/24	6,5	10	1782/08/31 (et 2004/02/24)	7,5	5,4	sismicité instrumentale, séisme majeur, M+0.5	7	10	0,9	0,8	1,7	42	17	58	20	6	26
47	région d'Oran	Aoudia et al., 2000, Z3	Aoudia et al., 2000, max enregistré M 6.1	Cette zone se trouve dans la zone externe de la chaîne maghrébine (Tell), entre la zone interne (Kabyle) et les Hauts plateaux. Au nord, les déformations concernent plutôt des failles inverses EW, tandis qu'au sud, il s'agit de failles décrochantes senestres NE-SW. Sur la base de la géométrie des failles actives, Aoudia et al. (2000) estiment pour : a) la faille de Murdjadjo (L=60 km): Mmax = 7.4 ; b) la faille de la Saline d'Arzew (L=40 km), Mmax = 7.3. Le plus fort séisme connu, avec épicentre situé dans la zone 47, est celui de 1790, d'intensité VII-VIII. La valeur de Mmax considérée pour cette étude est alors égale à 7.0.	inverse	1994/08/18	5,9	8	1790/10/09	9,5	6,5	Séisme historique majeur, M+0.5	7		0,7	0,7	1,4	44	16	60	18	6	25
48	Languedoc	zonage probabiliste, Isard	zonage probabiliste France, Mmax 5.6 à 6.1	Cette zone est limitée à l'est et à l'ouest par deux structures NE-SW majeures, respectivement, la faille des Cévennes et la faille de Nîmes, à jeu décrochant senestre à normal au miocène et probablement encore actives aujourd'hui. La sismicité est relativement faible à modérée. Le séisme le plus fort connu est celui du 28 juin 1950, d'intensité VI-VII. Le zonage probabiliste de la France fixe à 6,1 la magnitude maximale de cette zone. En l'absence d'informations complémentaires, nous retenons cette valeur pour Mmax.	failles NE-SW, normal à décrochant senestre				1950/06/28	6,5	5,2	zonage probabiliste France, (M 5.6) + 0.5	6,1	5	0,2	0,2	0,5	15	6	21	10	3	13

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				incertitude	incertitude	incertitude	incertitude	incertitude	rejet en surface en m	longueur du plan de faille rompue en km	largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km	
49	bassin de l'Empurdan, du Roussillon et zone axiale pyrénéenne	Olivera et al (2003), Secanell et al. (2004), projet ISARD (2006).		Les contours de cette zone ont été tracés en s'appuyant sur les travaux de Olivera et al (2003), Secanell et al. (2004) ainsi que sur le rapport de l'étude ISARD (2006). L'extension en mer de cette zone dite "bassin de l'Empurdan, du Roussillon et zone axiale pyrénéenne" est en particulier du au prolongement en mer de la famille de failles NW-SE. Cette famille regroupe notamment 1) le système de failles Catalanes, 2) plusieurs failles NW-SE, situées à proximité de Gerona, et dont un des prolongements serait exprimé en mer morphologiquement par le canyon de la Fonera. Le plus fort séisme de cette zone correspond à celui de 1428, avec M estimée à 6.2. Olivera et al. (2003), relie les séismes de 1427 et 1428 avec le rejeu de failles NW-SE. Par ailleurs, des études de paléosismicité sur la faille NW-SE d'Amer ont conduit à des estimations des périodes de retour de très forts séismes dans cette zone. Ainsi : a) Fieta et al. (2001) indiquent pour une période de retour de 4 000 à 10 000 ans pour M= 6,5 ; et entre 8 000 et 20 000 ans, pour M entre 6,5 à 7 ; b) Selon Ojeda et al. (2002), pour M=7, la une période de retour serait de 16 000 ans. La valeur de Mmax retenue est de 6,7. Elle correspond à la valeur de magnitude du SMHV + 0,5.	normal-dextre NW-SE (en mer)	2004/09/21	5,1	2	1428/02/02	9	6,2	Séisme historique majeur, M+0.5	6,7	5	0,6	0,5	1,1	30	12	41	16	5	21
50	Pyrénées centrales	zonage probabiliste France, Isard,	zonage probabiliste France, Mmax 5.9 à 6.4 Secanell et al., 2004, lmax IX	Il s'agit de la partie centrale et orientale de la zone axiale pyrénéenne. L'activité sismique est moins marquée que pour la zone 9, zone des chevauchements nord pyrénéens. La limite nord de cette zone correspond à la faille nord pyrénéenne, sa limite Est correspond à la faille du Têt. La zone est recoupée par des failles inverses EW et par des failles dextres NW-SE. Le séisme le plus fort connu est celui de 1373, d'intensité 8,5. La valeur du Mmax est 6,4.	chevauchant E-W et dextre NW-SE	1999/10/04	5,1	10	1373/03/02	8,5	5,9	séisme historique majeur +0,5 (idem zonage probabiliste France, (M 5.9) + 0.5)	6,4	5	0,4	0,4	0,8	22	8	30	11	4	15
51	zone intermédiaire Sud-Est entre le bassin liguro-provençal et le bassin algérien	ce travail		Cette zone marque la limite entre le bassin liguro-provençal au nord et le bassin algérien au sud. Elle correspond à un important système de failles transformantes actives lors de la distension oligo-miocène. Avec l'ouverture de l'océan liguro-provençal, c'est ce système de failles qui a guidé la rotation de 30° vers le SE du bloc Corse-Sardaigne. Au NW, la zone 34 se trouve dans son prolongement, par contre la zone 51 correspond à la partie océanisée de cette ancienne zone transformante. Les zones 34 et 51 sont relativement peu sismiques. Le plus fort séisme connu est celui de 1977, localisé au sud de la Sardaigne. Le mécanisme au foyer du séisme de 1977 indique un jeu décrochant dextre pour une orientation de faille NW-SE. La valeur de Mmax est considérée à 5,7.	failles NW-SE - dextre	1977/08/28	5,2	10				sismicité instrumentale, séisme majeur, M +0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,3	9	3	13	7	3	10

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr	Mmax_instr	Mmax_instr	Seisme_max	Seisme_max	Seisme_max	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD	AD	RLD	RLD	RLD	RW	RW	RW
						_Date	_Magnitude	_Prof_f	_hist_date	_hist_lo	_hist_Magn				rejet en surface en m	longueur du plan de faille rompue en km	largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km						
52	Bassin liguro-provençal	zonage probabiliste, modifié	zonage probabiliste France, Mmax 5.2 à 5.7	L'ouverture du bassin liguro-provençal, après un épisode de rifting s'étendant de l'Oligocène au Miocène inférieur, résulte de la rotation vers l'est d'un ensemble corso-sarde initialement soudé au bâti provençal et à la chaîne pyrénéenne. Cette ouverture du bassin est liée à la convergence des plaques Europe-Afrique. La zone 52 correspond au domaine à croûte continentale très amincie (moins de 5 km d'épaisseur) et à croûte océanique du bassin liguro-provençal. Le zonage sismique de la France indique une magnitude maximale de 5,7. En l'état actuel des connaissances, c'est cette valeur qui est retenue pour Mmax.	normal	1994/09/24	5					zonage probabiliste France, (M 5.2) + 0.5	5,7	10	0,1	0,1	0,3	9	4	13	7	2	9
53	Mer de Ligurie	zonage probabiliste	zonage probabiliste France, Mmax 6.3 à 6.8	La zone 53 correspond à l'extrémité NE du bassin liguro-provençal. C'est dans cette zone que s'est initiée l'ouverture de l'océan ligure puis du golfe du Lion. Aujourd'hui cette zone est reprise en compression, selon une direction NW-SE. Le zonage probabiliste de la France fixe à 6,8 la valeur maximale de la magnitude. En l'absence de données supplémentaires, nous retenons cette valeur pour Mmax.	inverse failles NE-SW, dextre ESE-WNW, sen. NNW-SS	1981/07/22	4,7	19	1963/07/19	7,5	5,6	zonage probabiliste France, (M 6.3) + 0.5	6,8	10	0,8	0,7	1,5	37	14	51	15	5	20
54	Chaines subalpines méridionales	ce travail	zonage probabiliste France, Mmax 6.8 à 7.3	Cette zone concerne les chevauchements de la chaîne alpine externe mis en place au Miocène à Miocène supérieur, et pour certains encore actifs aujourd'hui. Le zonage sismique probabiliste de la France fixe à 7,3 la valeur maximale de magnitude.	inverse, décrochant	1994/02/08	4,9		1644/02/15 (et 1855/12/12)	8	5,9	zonage probabiliste France, (M 6.8) + 0.5	7,3	5	1,7	1,6	3,3	74	28	101	21	7	29
55	Golfe du Lion-Camargue	zonage probabiliste	zonage probabiliste France, Mmax 5.2 à 5.7	Cette zone est comprise entre les zones de transfert de l'Arlésienne au NE et Catalane au SW. La faille de Nîmes correspond à sa limite NW. Tandis qu'au SE, sa limite est tracée au pied du talus continental, en bordure de l'ancien bassin océanique liguro-provençal. Cette zone est structurée par de nombreux fossés oligo-miocènes à probablement toujours actifs au Plio-Quaternaire, de direction plutôt NE-SW, au nord et NW-SE au sud. Cette structuration indique un effondrement généralisé de la marge et ses bordures. L'activité sismique y est relativement peu fréquente et de faible magnitude. Le séisme le plus fort connu est celui de 1870 d'intensité supposée VII-VIII, et 5,6 en magnitude. Ce qui conduit à une magnitude maximale de cette zone proche de 6,1.	normal, failles NE-SW ou NW-SE	1982/12/23	4,1	10	1870/01/18_lo incertain	7,5	5,6	Séisme historique majeur, M+0.5	6,1	5	0,3	0,2	0,5	15	6	21	10	3	13
56	massifs centre-ibériques	Secanell et al., 2004		Située au sud du bassin de l'Ebre, cette zone correspond à la partie NE de la chaîne intracratonique ibérique. Elle est affectée de plis de couverture et de chevauchements de direction moyenne NW-SE. Le plus fort séisme connu est celui de 1817, d'intensité VIII-IX, soit une magnitude voisine de 5,9. Ce qui conduit à fixer la valeur de Mmax à 6,4.	inverse NW-SE ?				1817/03/18	8,5	5,9	Séisme historique majeur, M +0.5	6,4	10	0,6	0,6	1,2	20	7	27	10	4	14

numéro	nom_Zone	origine_Zone	autre_zonage_Mmax	remarques	mecanisme	Mmax_instr_Date	Mmax_instr_Magnitude	Mmax_instr_Prof_f	Seisme_max_hist_date	Seisme_max_hist_lo	Seisme_max_hist_Magn	Mmax_final_origine	Mmax	Pf	AD	AD_incertitude	AD_max	RLD	RLD_incertitude	RLD_max	RW	RW_incertitude	RW_max
						magnitude maximale enregistrée d'après NEIC			intensité maximale connue d'après SisFrance, Emidius, et diverses publications						rejet en surface en m			longueur du plan de faille rompue en km			largeur (extension en profondeur) du plan de faille rompue en km		
57	bassin de l'Ebre	Secanell et al., 2004	Isard, Mmax 5.5	<p>Cette zone couvre l'ensemble du bassin de l'Ebre, constitué de sédiments molassiques oligo-miocènes. Elle est limitée au nord par le chevauchement frontal sud pyrénéen, La bordure sud du bassin non déformée de l'Ebre correspond à sa limite sud. Tandis qu'à l'est, elle s'arrête sur la bordure de la cordillère catalane méridionale.</p> <p>Cette zone est considérée faiblement sismique. Le zonage sismique définit par ISARD, indique une magnitude maximale de 5,5. C'est celle-ci qui est retenue dans le cadre de ce travail.</p>	inverse NW-SE				28/07/1964		4,2	d'après Isard, (M max 5,5)	5,5		0.1	0.1	0.2	6.4	2.4	9	6	2	8
58	Liguria Nord	GSHAP_Adriatique- 25, zonage prob. France	zonage probabiliste France, Mmax 5.5 à 6.0	<p>Il s'agit de la zone d'intersection entre les déformations actives des Alpes internes et celles des Apennins. Les mécanismes au foyer de cette zone indiquent des jeux décrochants de failles NE-SW ou NW-SE, compatibles avec une direction de la compression orientée NNW-SSE. Le zonage sismique de la France fixe à 6,0 la valeur maximale de la magnitude. En l'absence de données supplémentaires, nous retenons cette valeur pour Mmax.</p>	dextre NW-SE, senestre NE-SW				1539/05/13	7	5,1	zonage probabiliste France, (M 5.5) + 0.5	6	5	0,1	0,1	0,2	14	5	19	7	2	10
59	extrémité ouest du bassin algérien, zone d'intersection entre la faille de Yussuf les systèmes de failles de Nékor et Jebha	ce travail	GSHAP-Ibero-Maghreb, Mmax = 5.8	<p>Il s'agit d'une région à une croûte continentale amincie, limitée au sud par la faille de Yussuf et au nord-ouest par le prolongement sud du système de failles Alicante-Carboneras. A l'Est, cette zone s'ouvre sur le domaine à croûte océanique du bassin algérien.</p> <p>La faille de Yussuf marque la limite de la zone interne du Tell avec l'ancien bassin algérien. Elle pourrait rejoindre à l'Est le système de failles inverses à vergence nord qui marquerait le talus continental algérien.</p> <p>Les mécanismes au foyer des séismes indiquent un jeu dextre de failles WNW-ESE, telle que la faille de Yussuf. Cette zone est peu sismique en comparaison avec les zones voisines. Le zonage GSHAP indique une valeur de magnitude maximale à 5,8 (a priori sans majoration). Celle-ci étant supérieure aux indications que nous avons pu collecter dans le cadre de ce travail, nous l'avons retenue comme valeur du SMHV. En appliquant le principe [Mmagnitudo SMHV +0,5], la valeur de Mmax alors considérée dans le cadre de ce travail est estimée à 6,3.</p>	dextre WNW-ESE, senestre NE-SW	2005/06/30	4,6	5				GSHAP-Ibero-Maghreb, (M 5.8) +0.5	6,3	5	0,2	0,2	0,4	22	8	29	9	3	12



## 4. Conclusion

### 4.1. LE ZONAGE SISMIQUE PROPOSE :

Dans le cadre de ce travail, des informations de diverses natures ont été rassemblées : données structurales, bases ou publications sur les événements sismiques historiques ou enregistrés, mécanismes au foyer des séismes, interprétations paléosismologiques, zonages d'aléa sismique, données bathymétriques, etc. Ces informations peuvent concerner un territoire plus ou moins grand de la Méditerranée occidentale.

Leur compilation et leur analyse ont permis la réalisation d'un zonage sismique avec une individualisation et caractérisation d'une soixantaine d'unités (ou zones). L'échelle du zonage est de l'ordre du 1 :2 000 000. Il concerne le domaine marin et les régions côtières de la Méditerranée occidentale.

Etant donné les objectifs globaux de l'étude : réalisation de scénarios a priori les plus catastrophiques plausibles pour la côte française, chaque zone sismique est caractérisée par une magnitude de séisme a priori la plus forte possible susceptible d'être générée en tout point de l'unité considérée. Dans le cadre des simulations de tsunamis, il est nécessaire de connaître la dimension de la source sismique (rejet, largeur, longueur du plan de faille rompu).

Ces évaluations géométriques maximales sont indiquées pour chaque unité du zonage grâce aux relations empiriques de Wells et Coppersmith (1994) d'une part, et sur la base de la magnitude du séisme maximum plausible et des caractéristiques mécaniques de l'unité considérée d'autre part.

### 4.2. PROPOSITION DE CHOIX DE SCENARIOS :

Le choix des séismes de scénario repose sur : le type de déformation (mouvement avec une composante verticale majeure), la magnitude maximale attendue (suffisamment forte pour donner lieu à un décalage significatif en surface du sol), la proximité par rapport aux côtes françaises de la zone source, le contexte bathymétrique (hauteur suffisante et absence de haut fond entre la zone source et la côte française).

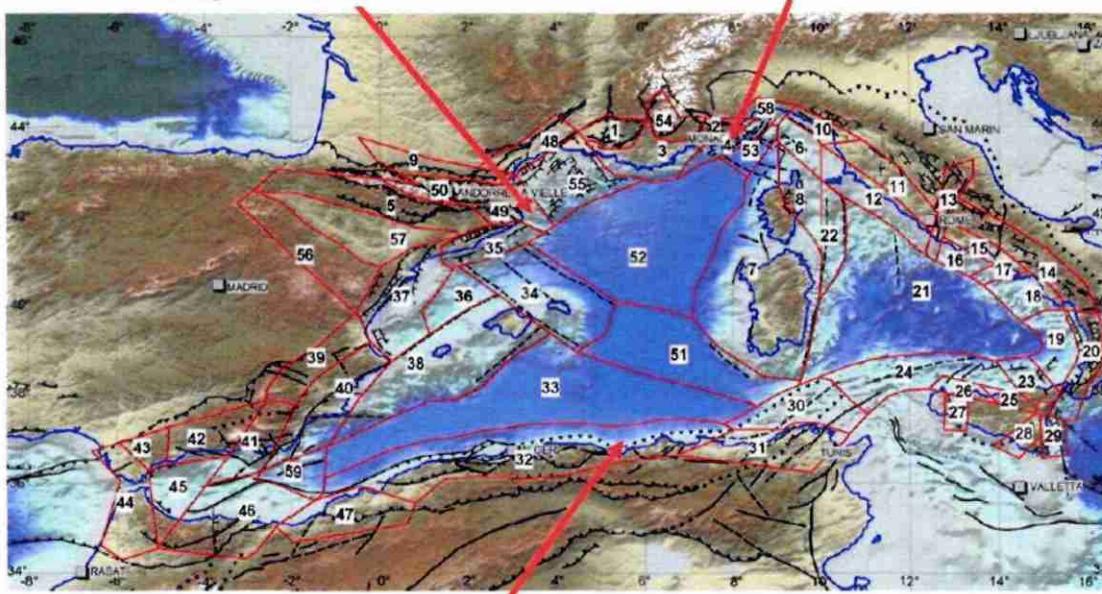
Trois scénarios sont proposés (Figure 43).

## Propositions de scénarios

**Zone 49 : bassin de l'Ampurdan,  
Mmax = 6,7, jeu normal**

## Sources sismiques

**Zone 4, marge Nord lioure,  
Mmax = 6,8, jeu normal**



**Zone 32 : Tell et marge nord algérienne, Mmax = 7,8, jeu inverse**

Figure 43 - Proposition de scénarios sismiques pour la modélisation de tsunamis

Séisme de scénario dans la zone 32, Tell et marge nord algérienne : Mmax = 7,8, coordonnées longitude 6°00' et latitude 37°24' (au large de Constantine)

La zone 32 correspond au domaine de failles inverses à vergence sud du Tell situées dans la zone côtière du Nord du Maghreb. Suite aux travaux de Deverchère et *al.* (2005), plusieurs failles inverses à vergence nord ont été identifiées au large de Boumerdès en bordure du plateau continental. Celles-ci sont associées à la déformation compressive de la limite de plaque Eurasie – Afrique. Dans ce schéma, on ne peut exclure la possibilité de failles inverses à vergence nord, tout le long de la marge continentale entre Oran et Constantine. Dans l'état actuel des connaissances, nous avons donc intégré cette famille de failles inverses à la zone 32. La limite nord de cette zone a donc été tracée au pied du talus continental.

Séisme de scénario dans la zone 49, « bassin d'Ampurdan, du Roussillon et zone axiale pyrénéenne » : Mmax = 6,7, coordonnées longitude 3°30' et latitude 42°18' (à l'Est de Figueras, au niveau du canyon de Creus).

Au niveau du littoral et en mer, il s'agit essentiellement de failles NW-SE à jeu normal. Les travaux de Fleta et *al.* (2001) et de Ojeda et *al.* (2002) indiquent une période de retour entre 8 000 et 10 000 ans pour les séismes de magnitude 6.5 à 7.0 sur des failles NW-SE localisées dans cette zone.

Séisme de scénario dans la zone 4, « marge nord ligure » :  $M_{max} = 6,8$ , coordonnées longitude  $7^{\circ}20'$  et latitude  $43^{\circ}30'$  (au large de Nice, dans le canyon sous marins du Var).

Cette zone est caractérisée par des failles normales NE-SW dans la couverture sédimentaire, probablement associées à un chevauchement crustal enraciné au nord dans le socle cristallin des Alpes externes et dont le front se trouverait au pied du talus continental, au large de la côte ligure. Le séisme de 1887 (magnitude estimée à 6,3) est peut-être rattaché au jeu d'une des failles NE-SW de cette zone.

Actuellement, on ne dispose pas d'indication sur la période de retour d'un séisme majeur ( $M 6,8$ ) dans cette zone.

En cas de survenance d'un tel séisme, il faut souligner que, outre la possibilité de rupture de surface, la vibration sismique déclencherait très vraisemblablement des glissements sous marins, eux-mêmes générateurs de tsunamis importants sur la côte française ou italienne.

Ce type de scénario est donc à rapprocher du zonage des mouvements de terrain sous marins du plateau et talus continental réalisé dans le cadre du projet global par l'Ifremer (rapport à paraître).



## 5. Bibliographie

AUTRAN A., BLES J.L., COMBES PH., CUSHING M., DOMINIQUE P., DUROUCHOUX C., MOHAMMADIOUN B., TERRIER M. (1998). Probabilistic seismic hazard assessment in France, Part 1. *Seismotectonic Zonation*, ECEE'98, Paris.

AOUDIA A., VACCARI F., SUHADOLC P., MEGHROUI M. (2000) – Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria. *J. of Seismology*, 4, 79-98

AMBRASEYS N.N., FREE M.W. (1997) – Surface-wave magnitude calibration for european region earthquakes. In *Journal of Earthquake Engineering*, vol1, n°1, p1-22

BENEDICTO-ESTEBAN A. (1996) – Modèles tectono-sédimentaires de bassins en extension et style structural de la marge passive du golfe du Lion (partie nord), Sud-Est France. *Thèse de doctorat européen. Univ Montpellier 2.*

BIGOT-CORMIER F. (2002) – La surrection du massif cristallin externe de l'Argentera (France-Italie) et ses relations avec la déformation pliocène de la marge nord-ligure. *Thèse Univ. Nice Sophia-Antipolis.*

BOTTARI C., TERMINI D., TERAMO A. (2005) – Macroseismic Parameters of Seismogenic Zones of Calabria and Sicily for Seismic Hazard Evaluation. *Pure appl. Geophys.*, 162, p 739-746

BUFORN A., SANZ DE GALDEANO C, UDLAS B.(1995) - Seismotectonics of the Ibero-Maghrebian region in *Tectonophysics* 248 (1995) 247-261

CHARDON D., HERMITTE D., NGUYEN F. & BELLIER O. (2005) – First paleoseismological constraints on the strongest earthquake in France (Provence) in the twentieth century. *Geology*; nov. 2005, v.33, n°11, 901-904.

CHAUMILLON E., DEVERCHERE J., REHAULT J.P., GUEGEN E. (1994) – Réactivation tectonique et flexure de la marge continentale Ligure (Méditerranée occidentale), *C. R. Acad. Sc.*, Paris, 319, (série II), 675-682

DERCOURT J., ZONENSHAIN L. P., (ZONENSHAYN L.P.), RICOU L. E., KAZMIN V. G., LE PICHON X., KNIPPER A. L., GRANDJACQUET C., SBORTSHIKOV I. M. (SBORSHCHIKOV I. M.), GEYSSANT J., LEVRIER C., PECHERSKY D. H. (PECHERSKIY, D. H.), BOULIN J., SIBUET J.C., SAVOSTIN L. A., SOROKHTIN O., WESTPHAL M. BAZHENOV M. L., LAUER J. P. ET BIJU-DUVAL B. (1986). - Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. *Tectonophysics*, 123, 1-4, 241-315.

DÉVERCHÈRE J., YELLES K., DOMZIG A., MERCIER DE LÉPINAY B., BOUILLIN J.P., GAULLIER V., BRACÈNE R., CALAIS E., SAVOYE B., KHERROUBI A., LE ROY P., PAUC H., AND DAN G. (2005) - Active thrust faulting offshore Boumerdes, Algeria, and its relations to the 2003 Mw 6.9 earthquake *Geophysical Research Letters* FEB 2005; 32(4) : NIL\_10-NIL\_14

EL ALAMI, S. O., TADILI, B. A., CHERKAOUI, T. E., MEDINA, F., RAMDANI, M., BRAHIM, L. A. AND HARNAFIT, M., 1998. The Al Hoceima earthquake of May 26, 1994 and its aftershocks: a seismotectonic study. *Annali di Geofisica*, vol. 41, n° 4.

FLETA, J.; SANTANACH, P.; GOULA, X.; MARTÍNEZ, P.; GRELLET, B.; MASANA, E. (2001) Preliminary geological, geomorphologic and geophysical studies for the paleoseismological analysis of the Amer fault (NE Spain). *Geol. Mijnbouw/Netherlands J. Geosciences* 80, p. 201-211.

FONSECA, J.F.B.D. AND R.E. LONG (1991). Seismotectonics of SW Iberia: A Distributed Plate Margin? in *Seismicity, Seismotectonics and Seismic Risk of the Ibero-Maghrebian Region*, J. Mezcua and A. Udías (Editors), Memoire n°. 8, Instituto Geografico Nacional, Madrid.

GEO-TER (2002) - Révision du zonage sismique de la France- Etude probabiliste Rapport n° GTR/MATE/701-150, 18 Août, 2002

GORINI C. (1996) – Géodynamique d'une marge passive: le golfe du Lion (Méditerranée occidentale). *Thèse Univ. Paul-Sbatier, Toulouse III*

GUTDEUTSCH R., DIETHELM K. AND JENTZSCH G. (2002) - Magnitude Formulae and Intensity–Magnitude Relations for Early Instrumental Earthquakes in the Iberian Region - *Geophys. J. Int.* (2002) 151, 824–834

HAMDACHE M. (1998) – Seismic Hazard Assessment for the Main Seismogenic Zones in North Algeria. *Pure appl. Geophys.* 152, 281-314

KANAMORI H. (1977) - The energy release in great earthquakes, *J. Geophys. Res.* 82, 2981–2987.

LAGABRIELLE Y. ET LEROY S. (2005) – Le visage sous-marin de la Terre. Eléments de géodynamique océanique. Edit. CCGM, ISBN : 2-9517181-6-0

LARROQUE ET AL. (2001) - Active and recent deformation at the southern Alps - Ligurian basin junction. *Netherlands Journal of Geosciences/Geology en Mijnbouw* 80(3-4), p 255-272

LOPEZ CASADO C., SANZ DE GALDEANO C., MOLINA PALACIOS S., HENARES ROMERO J. (2001) – The structure of the Alboran Sea: an interpretation from seismological and geological data. in *Tectonophysics*, 338, 79-95

MEGHRAOUI, M., J-L. MOREL, J. ANDRIEUX, ET M. DAHMANI, (1996) - Tectonique plio-quadernaire de la chaîne tello-rifaine et de la mer d'Alboran - une zone complexe de convergence continent-continent, *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. I, 167, 141-157.

MELETTI C., PATACCA E., SCANDONE P. (2000) – Construction of a Seismotectonic Model : The case of Italy. In *Pure appl. Geophys.* 157, p11-35

MELETTI E VALENSISE G. (2004) – Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavarò per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n.3274). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

MEZCUA J ET MARTINEZ SOLARES J.M. (1983) – Sismicidad del area ibero-mogrebi. Publicacion 203. Edit. Instituto Geografico Nacional, Madrid

MOREL, J-L., AND MEGHRAOUI M. (1996), Goringe-Alboran-Tell tectonic zone: A transpression system along the Africa-Eurasia plate boundary, *Geology*, 24(8), 755-758.

NOCQUET J.M. (2002) – Mesure de la déformation crustale en Europe occidentale par géodésie spatiale. *Thèse Univ. Sophia-Antipolis.*

OJEDA A., ATAKANA K., MASANAB E., SANTANACHB P., JIMENEZC M.J., GARCIA-FERNANDEZ M. (2002) - Integration and influence of paleoseismic and geologic data for the seismic hazard evaluation in the Catalan coastal ranges, Spain. In *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 22 (2002) 911–916

OLIVERA C., FLETA J., SUSAGNA T., FIGUERAS S., GOULA X. Y ROCA A. (2003) – Sismicidad y deformaciones actuales en el nordeste de la peninsula ibERICA. In *Física de la Tierra* ISSN: 0214-4557, 2003, 15, 111-144

REBAÏ, S., PHILIP, H. AND TABOADA, A., (1992) - Modern tectonic stress field in the Mediterranean region: evidence for variation in stress directions at different scales. *Geophys. J. Int.*, 110, 106-140.

SCALERA G. (2005) A new interpretation of the Mediterranean arcs: Mantle wedge intrusion instead of subduction. In *Boll. Soc. Geol. It.*, Volume Speciale n. 5 (2005), 129-147, 12 ff.

SECANELL R., GOULA X., SUSAGNA T., FLETA J., ROCA A. (1999) – Mapa de zonas sísmicas de Catalunya. 1er congreso Natiocional de Ingeniería Sísmica, Murcia

SECANELL R., GOULA X., SUSAGNA T., FLETA J., ROCA A. (2004) – Seismic hazard zonation of Catalonia, Spain, integrating random uncertainties. *J. of Seismology*, 8, 25-40

SÉRANNE M. (1999) – The gulf of Lion continental margin (NW Mediterranean) revisited by IBS : an overview. In: *Durand B., Jolivet L., Horvath F. et Seranne M. (eds.) The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen.* Geological Society, London, Special Publications, 156, 15-36

VALENSISE G., PANTOSTI D. (2001) – Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Ann. Geofis.*, suppl. Vol.44 (4), 797-964, con CD-ROM

WELLS D.L., COPPERSMITH K.J. (1994) - New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, pp. 974-1002.

YELLES A.K., DOMZIG A., DÉVERCHÈRE J., BRACÈNE R., MERCIER DE LÉPINAY B., BERTRAND G., BOUDIAF A., WINTER T., KHERROUBI A., LE ROY P., H. DJELLIT (soumis

GJI) - Evidence for a large active fault offshore West Algiers, Algeria, and implications on the strain pattern of the region.

*Annexe – Extrait du fichier Seismes\_hist\_Medit\_occid.xls, séismes de magnitude finale, Mw, au moins égale à 6,0.*



ANNEE	MOIS	JOUR	LONGITUD	LATITUDE	lmsk	Mw_ source_	Ms_ Gutdeutsch_et_al_	logMo_ Ambraseys_et_al_	Mw_ kanamori_	Mw_ final	SOURCE
1755	11	1	-10.00	36.50	10	8.5	6.8	26.1	6.7	8.5	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1693	1	11	15.02	37.13	9.5	7.4	6.5	25.7	6.5	7.4	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1969	2	28	-10.82	35.98	7	7.3	5.1	24.2	5.4	7.3	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1980	10	10	1.354	36.195	10	7.3				7.3	fichier USGS/NOAA
1908	12	28	15.68	38.15	9.5	7.2	6.5	25.7	6.5	7.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1905	9	8	16.07	38.67	9.5	7.1	6.5	25.7	6.5	7.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1638	3	27	16.28	39.03	9.5	7.0	6.5	25.7	6.5	7.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1954	3	29	-3.60	37.00	5	7.0	4.0	23.3	4.9	7.0	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1915	1	13	13.53	42.01	9.5	7.0	6.5	25.7	6.5	7.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1456	12	5	14.71	41.30	8.5	7.0	5.9	25.1	6.0	7.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1857	12	16	15.85	40.35	9	7.0	6.2	25.4	6.2	7.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1783	3	28	16.47	38.78	8.5	6.9	5.9	25.1	6.0	6.9	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1783	2	5	15.97	38.30	9.5	6.9	6.5	25.7	6.5	6.9	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1743	2	20	18.78	39.85	8.5	6.9	5.9	25.1	6.0	6.9	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1980	11	23	15.28	40.85	8.5	6.9	5.9	25.1	6.0	6.9	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1694	9	8	15.35	40.88	9	6.9	6.2	25.4	6.2	6.9	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1703	1	14	13.12	42.68	9.5	6.8	6.5	25.7	6.5	6.8	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1504	4	5	-5.47	37.38	8.5	6.8	5.9	25.1	6.0	6.8	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1680	10	9	-4.60	36.80	8.5	6.8	5.9	25.1	6.0	6.8	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
2003	5	21	3.634	36.964	10	6.8				6.8	fichier USGS/NOAA
1627	7	30	15.35	41.73	8.5	6.7	5.9	25.1	6.0	6.7	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1688	6	5	14.57	41.28	9.5	6.7	6.5	25.7	6.5	6.7	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1930	7	23	15.37	41.05	8.5	6.7	5.9	25.1	6.0	6.7	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1431	4	24	-3.63	38.33	8.5	6.7	5.9	25.1	6.0	6.7	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1804	1	13	-3.58	36.83	7.5	6.7	5.4	24.5	5.6	6.7	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1954	9	9	1.5	36.3	11	6.7				6.7	fichier USGS/NOAA
1348	1	25	12.88	46.25	8.5	6.7	5.9	25.1	6.0	6.7	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1703	2	2	13.20	42.47	8.5	6.7	5.9	25.1	6.0	6.7	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1349	9	9	14.07	41.48	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1542	12	10	14.95	37.22	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1695	2	25	11.95	45.80	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1732	11	29	15.05	41.08	9	6.6	6.2	25.4	6.2	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
-174	0	0	12.67	42.25	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
-76	0	0	12.87	42.40	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>

ANNEE	MOIS	JOUR	LONGITUD	LATITUDE	lmsk	Mw_	Ms_	logMo_	Mw_	Mw_	SOURCE
						source_	Gutdeutsch_et_al_	Ambraseys_et_al_	kanamori_	final	
361	0	0	14.00	37.50	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1169	2	4	15.03	37.32	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1456	12	5	14.87	41.15	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1556	1	24	15.00	47.00	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1638	6	8	16.82	39.28	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1706	11	3	14.08	42.08	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1829	3	21	-0.68	38.83	9.5	6.6	6.5	25.7	6.5	6.6	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1783	2	7	16.20	38.58	9	6.6	6.2	25.4	6.2	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1805	7	26	14.47	41.50	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
-217	6	0	11.25	43.25	8.5	6.6	5.9	25.1	6.0	6.6	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1511	3	26	13.43	46.20	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1396	12	18	-0.22	39.83	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1522	9	22	-2.67	36.97	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1659	11	5	16.25	38.70	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1884	12	25	-3.98	37.00	9.5	6.5	6.5	25.7	6.5	6.5	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1954	9	9	1.5	36.3	11	6.5				6.5	fichier USGS/NOAA
1980	10	10	1.34	36.13	0	6.5	0.0	0.0	0.0	6.5	<a href="http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm">http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm</a>
1117	1	3	11.20	45.33	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
412	0	0	10.11	37.07	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
856	12	0	10.39	36.85	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
1320	12	9	-10.67	36.00	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
1758	1	0	10.39	36.85	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
1790	10	9	-0.60	35.70	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
1856	8	21	6.17	37.10	9.5	0.0	6.5	25.7	6.5	6.5	publicacion IGN, n203, Madrid 1983
1832	3	8	16.90	39.07	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1920	9	7	10.28	44.18	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1349	9	9	13.38	42.17	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1461	11	26	13.54	42.31	8.5	6.5	5.9	25.1	6.0	6.5	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1328	12	1	13.02	42.86	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1976	5	6	13.12	46.24	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1804	8	25	-2.83	36.77	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1909	1	21	-5.60	35.50	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm">http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm</a>
1909	4	23	-8.82	38.95	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm">http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm</a>
1910	6	24	3.4	36.1	11	6.4				6.4	fichier USGS/NOAA
2004	2	24	-3.997	35.142	9	6.4				6.4	fichier USGS/NOAA

ANNEE	MOIS	JOUR	LONGITUD	LATITUDE	lmsk	Mw_ source_	Ms_ Gutdeutsch_et_al_	logMo_ Ambraseys_et_al_	Mw_ kanamori_	Mw_ final	SOURCE
1561	8	19	15.48	40.52	8.5	6.4	5.9	25.1	6.0	6.4	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1731	3	20	15.75	41.27	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1279	4	30	12.87	43.09	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1851	8	14	15.67	40.95	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1873	6	29	12.38	46.15	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1702	3	14	14.98	41.12	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
-91	0	0	15.65	38.10	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
99	0	0	14.80	41.35	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
101	0	0	13.98	42.23	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
374	0	0	15.65	38.10	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
853	8	31	15.55	38.18	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1751	7	27	12.73	43.22	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1887	2	23	8.00	43.83	9	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a> et <a href="http://www.sisfrance.net/">http://www.sisfrance.net/</a>
1639	10	7	13.25	42.64	8.5	6.3	5.9	25.1	6.0	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1895	4	14	14.53	46.13	8	6.3	5.7	24.7	5.8	6.3	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1781	6	3	12.51	43.59	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1428	2	2	2.30	42.27	9	0.0	6.2	25.4	6.2	6.2	<a href="http://www.sisfrance.net/">http://www.sisfrance.net/</a>
1855	7	25	7.88	46.23	9	0.0	6.2	25.4	6.2	6.2	<a href="http://www.sisfrance.net/">http://www.sisfrance.net/</a>
1748	3	23	-0.63	39.33	9	6.2	6.2	25.4	6.2	6.2	<a href="http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm">http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Geofisica/sismologia/otras/1884.htm</a>
1646	5	31	15.93	41.87	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1962	8	21	14.97	41.13	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1919	6	29	11.48	43.95	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1654	7	23	13.68	41.63	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1836	4	25	16.73	39.57	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1870	10	4	16.33	39.22	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1854	2	12	16.30	39.25	8.5	6.2	5.9	25.1	6.0	6.2	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1968	1	15	12.98	37.77	9	6.1	5.9	25.1	6.0	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1946	1	25	7.55	46.28	7.5	6.1	5.4	24.5	5.6	6.1	<a href="http://www.sisfrance.net/">http://www.sisfrance.net/</a>
1954	9	9	1.28	36.28	0	6.1	0.0	0.0	0.0	6.1	<a href="http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm">http://www.seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/tablea.htm</a>
1626	4	4	16.42	38.82	8.5	6.1	5.9	25.1	6.0	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1741	4	24	13.00	43.43	8.5	6.1	5.9	25.1	6.0	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1875	12	6	15.68	41.69	7.5	6.1	5.4	24.5	5.6	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1361	7	17	15.45	41.23	8.5	6.1	5.9	25.1	6.0	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1978	4	15	14.98	38.15	8.5	6.1	5.9	25.1	6.0	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1222	12	25	10.68	45.48	8	6.1	5.7	24.7	5.8	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1894	11	16	15.87	38.28	8	6.1	5.7	24.7	5.8	6.1	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>

ANNEE	MOIS	JOUR	LONGITUD	LATITUDE	lmsk	Mw_	Ms_	logMo_	Mw_	Mw_	SOURCE
						source_	Gutdeutsch_et_al_	Ambraseys_et_al_	kanamori_	final	
1786	3	10	15.02	38.10	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
346	0	0	14.43	41.38	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
375	0	0	14.78	41.13	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
848	6	0	14.27	41.48	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
951	0	0	16.63	39.57	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
989	10	25	15.17	41.02	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1097	0	0	15.30	45.60	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1184	5	24	16.25	39.43	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1201	5	4	14.20	47.10	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1223	0	0	16.03	41.85	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1315	12	3	13.97	42.00	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1323	0	0	14.70	45.20	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1352	12	25	12.13	43.47	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1389	10	18	12.30	43.52	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1601	9	8	8.50	46.82	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1640	0	0	15.50	45.92	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1721	1	12	14.40	45.30	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1796	4	20	9.42	47.20	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1818	2	20	15.13	37.60	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1584	9	10	12.00	43.87	8.5	6.0	5.9	25.1	6.0	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>
1690	12	4	13.87	46.63	8	6.0	5.7	24.7	5.8	6.0	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls">http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/CPTI04.xls</a>



**Centre scientifique et technique**  
**Service Aménagement et Risques Naturels**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34

**Principales failles**  
 compilation carte géologique de l'Europe et pourtours, 1:5 000 000 ;  
 Carte géodynamique Méditerranée, autres publi.

tracé : — observé    - - - - - supposé

jeu : — indifférencié    — normal    — normal supposé  
 - - - - - inverse    — décrochant sénestre    — décrochant dextre  
 ···· inverse supposé

**Mécanismes au foyer des séismes**  
 (données extraites de la base EMMA, Earthquake Mechanisms of the Mediterranean Area)

 mécanisme de faille INVERSE  
 mécanisme de faille NORMALE  
 mécanisme de faille DECROCHANTE

**Intensité épicentrale des séismes**  
 compilation base SeFrance, base INGV/EMDIUS, fichier GSHAP et autres publications

**Magnitude des séismes**  
 fichier NEIC-USGS, National Earthquake Information Center

  $I_0 \geq X$   
  $IX \leq I_0 < X$   
  $VIII \leq I_0 < IX$   
  $VII \leq I_0 < VIII$   
  $VI \leq I_0 < VII$

  $7 \leq M < 8$   
  $6 \leq M < 7$   
  $5 \leq M < 6$   
  $4 \leq M < 5$

1887 année du séisme (pour  $I_0$  au moins égale à IX)    2004 année du séisme (pour M au moins égale à 6.0)

**zonage sismique**    - - - - - Limite des zones sismiques    12 numéro de la zone

fond bathymétrique d'après les données du SHOM (dalles histol), de l'IFREMER, du fichier GEBCO.

