



Ministère de l'Industrie,  
des Postes et Télécommunications  
et du Commerce extérieur



MINISTÈRE DE  
L'ENVIRONNEMENT

DOCUMENT PUBLIC

recherche sur la sismotectonique  
du sud-ouest de la France  
(Pyrénées et Bassin Aquitain)  
2ème partie : synthèse sismotectonique

---

J.L. Blès et P. Dominique  
avec la collaboration de P. Godefroy

juillet 1994  
R 37 977

numéro de référence P 04232011



Étude réalisée dans le cadre des  
actions de Service public du BRGM  
94 - H - 202

---

## RESUME

Cette recherche a été réalisée dans le cadre des activités de service public du BRGM.

Elle a été financée, pour moitié, par le Ministère de l'Industrie (crédits de service public) et, pour l'autre moitié, par le Ministère de l'Environnement (subvention DRAEI n° 93066).

Elle correspond à la deuxième et dernière partie d'une recherche sur la sismotectonique du bassin Aquitain s.l. et des Pyrénées.

La synthèse sismotectonique, objet de cette deuxième partie de la recherche, avait pour but d'identifier et de caractériser les sources sismiques dont la connaissance est indispensable à l'évaluation de l'aléa sismique. Les données de base : structures en surface et en profondeur, indices néotectoniques, contraintes actuelles et sismicité historique et instrumentale, qui avaient été analysées dans la première partie de la recherche (cf. rapport BRGM n° 36712) ont été confrontées et synthétisées au cours de cette deuxième partie. Sur la planche I sont représentées les structures actives et/ou sismogènes qui ont pu être identifiées.

Cette synthèse a ensuite abouti à l'individualisation d'unités sismotectoniques : domaines sismotectoniques et structures actives sismogènes, qui sont représentées sur la planche II.

Dans chacune de ces unités, le séisme maximum connu a été pris comme référence pour définir le Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable (S.M.H.V.) soit le séisme maximum, susceptible de se reproduire en tout point du domaine, ou de la structure sismogène à l'activité duquel, ou de laquelle, on l'attribue. Les liste de ces unités et des séismes de référence correspondants est donnée dans le tableau 1.

Les principales caractéristiques de ces séismes de référence (profondeur focale et magnitude) ont été calculées suivant des méthodes empirico-statistiques à partir des intensités macrosismiques, sauf dans le cas de séismes récents pour lesquels on disposait de valeurs calculées à partir des enregistrements modernes, soit depuis 1963. Les caractéristiques de ces séismes sont résumées dans le tableau 2.

Pour ce qui concerne l'atténuation des ondes sismiques, on a recherché et testé une loi qui rend compte des atténuations observées au cours des enquêtes macrosismiques des séismes pyrénéens. A l'issue des tests effectués pour les séismes les plus importants de la chaîne pyrénéenne, une loi définie en 1988 par ACHARD et GOULA a été retenue. Pour l'ensemble du bassin Aquitain et de ses abords, la loi d'atténuation définie en 1986 par DESPEYROUX et GODEFROY pour le Sud-Ouest de la France reste toujours valable.

Cette synthèse sismotectonique servira à évaluer l'aléa sismique régional pour les sites industriels classés du Sud-Ouest de la France.

## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	1
<b>2. REALISATION DE LA SYNTHÈSE SISMOTECTONIQUE</b> .....	2
<b>2.1. Description de la démarche</b> .....	2
2.1.1. Repérage des structures tectoniques principales et continuité .....	2
2.1.2. Détermination de l'activité récente des structures .....	3
2.1.3. Identification des structures sismogènes .....	3
2.1.4. Détermination des champs de contrainte régionaux.....	4
<b>2.2. Résultats et commentaires</b> .....	4
2.2.1. Failles actives et sismogènes .....	4
2.2.1.1. <i>Failles actives sismogènes</i> .....	4
2.2.1.2. <i>Failles actives à sismicité associée possible</i> .....	5
2.2.2. Contraintes régionales .....	6
2.2.2.1. <i>Régions où les contraintes sont les mieux définies</i> .....	6
2.2.2.2. <i>Régions où les contraintes sont moins bien définies</i> .....	7
<b>3. DEFINITION DES UNITES SISMOTECTONIQUES</b> .....	8
<b>3.1. Principes généraux</b> .....	8
<b>3.2. Résultats</b> .....	9
3.2.1. Domaines sismotectoniques et structures sismogènes situés à l'ouest du sillon houiller-faille de Villefranche-Toulouse.....	9
3.2.1.1. <i>Domaine sismotectonique sud-armoricain : Vendée, Poitou, Charentes</i> .....	9
3.2.1.2. <i>Domaine sismotectonique de l'ouest du Massif central</i> .....	10
3.2.1.3. <i>Suture sud-armoricaine et graben de Saintes-Cognac</i> .....	10
3.2.1.4. <i>Domaines sismotectoniques du centre du bassin Aquitain</i> .....	10
3.2.1.5. <i>Domaine sismotectonique de l'Aquitaine méridionale et du bassin de Parentis</i> .....	11
3.2.1.6. <i>Domaine des plis et chevauchements nord-pyrénéens</i> .....	11
3.2.1.7. <i>Domaine sismotectonique des massifs cristallins basques</i> .....	12

3.2.1.8.	<i>Système de structures sismogènes des failles nord-pyrénéennes occidentales</i> .....	12
3.2.1.9.	<i>Domaine sismotectonique de la zone axiale pyrénéenne occidentale</i> .....	12
3.2.1.10.	<i>Domaine des Unités chevauchantes sud-pyrénéennes</i> .....	13
3.2.1.11.	<i>Domaine du bassin de l'Ebre</i> .....	13
3.2.1.12.	<i>Domaine sismotectonique de la chaîne ibérique</i> .....	13
3.2.2.	<b>Domaines sismotectoniques et structures sismogènes localisées à l'est du sillon houiller-faille de Villefranche-Toulouse</b> .....	13
3.2.2.1.	<i>Domaine sismotectonique du Sud-Ouest du Massif central et structures sismogènes le limitant</i> .....	14
3.2.2.2.	<i>Domaine sismotectonique du Lauragais et de la Montagne noire</i> .....	14
3.2.2.3.	<i>Domaine sismotectonique du Languedoc méditerranéen et du Roussillon</i> .....	15
3.2.2.4.	<i>Système de structures sismogènes des failles nord-pyrénéennes orientales</i> .....	15
3.2.2.5.	<i>Domaine sismotectonique de la partie centrale de la zone axiale pyrénéenne</i> .....	15
3.2.2.6.	<i>Structures sismogènes de Bigorre et de la Maladetta</i> .....	16
3.2.2.7.	<i>Structures sismogènes de Cerdagne et de la Têt</i> .....	16
3.2.2.8.	<i>Domaine sismotectonique du Massif catalan et de l'Ampurdan</i> .....	16
3.2.2.9.	<i>Système de structures sismogènes de la chaîne catalane</i> .....	17
4.	<b>CARACTERISATION DES SEISMES DE REFERENCE</b> .....	18
4.1.	<b>Détermination de la profondeur focale</b> .....	18
4.2.	<b>Détermination de la magnitude</b> .....	18
4.3.	<b>Recherche de lois d'atténuations appropriées</b> .....	19
5.	<b>CONCLUSION</b> .....	22
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	23

## 1. INTRODUCTION

Cette recherche a été réalisée grâce à une subvention de la Direction de la Recherche et des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Environnement, référencée sous le n° DRAEI/93066.

Elle correspond à la deuxième et dernière partie d'une recherche sur la sismotectonique du sud-ouest de la France, incluant les Pyrénées, le Bassin Aquitain et une partie du Massif central et du Languedoc occidental. Les limites est et ouest de la zone de recherche correspondent aux méridiens 3°30'E et 2°30'W, respectivement, et les limites nord et sud sont représentées par les parallèles 45°30'N et 41°30'N. Le but est d'aboutir à un instrument de travail pour déterminer l'aléa sismotectonique régional pour des ouvrages à risques spéciaux.

Cette deuxième partie de la recherche consiste en une synthèse sismotectonique effectuée à partir des données de base sélectionnées et analysées au cours de la première partie en 1993 (rapport BRGM n° 36712).

Cette recherche aboutit à la production de deux cartes synthétiques à l'échelle 1/1 000 000 :

- carte schématique des structures sismotectoniques permettant d'identifier les structures tectoniques actives et/ou sismogènes ;
- carte des unités sismotectoniques, sur laquelle sont délimités les domaines, structures et ensembles de structures sismogènes ainsi que les séismes de référence (séismes maximaux connus) susceptibles de se reproduire en tout point de ces unités et ainsi d'affecter le comportement des constructions.

De plus, en vue de l'évaluation de l'aléa sismique régional sur des sites particuliers, les principales caractéristiques (intensité épiscopale, profondeur du foyer et magnitude) des séismes de référence ont été définies et une loi d'atténuation des effets de ces séismes a été recherchée, pour les régions pyrénéennes.

## 2. REALISATION DE LA SYNTHÈSE SISMOTECTONIQUE

La synthèse sismotectonique débouche, dans un premier temps, sur la carte sismotectonique à 1/1 000 000 qui fait l'objet de la planche I hors-texte.

Cette carte de synthèse traduit l'interprétation des données de base analysées dans la première phase de la recherche et traduites par les planches I et V hors-texte du rapport BRGM n° 36712.

La carte de synthèse, correspondant à la planche I du présent rapport, comporte les éléments suivants :

- des données structurales : failles, flexures et plis reconnus en surface ou en profondeur ;
- des données néotectoniques : indices ou preuves de rejeu récent des failles et autres structures ;
- des données liées à la sismicité : épicentres et foyers sismiques, historiques ou instrumentaux, études microsismiques locales et mécanismes au foyer.

### 2.1. DESCRIPTION DE LA DEMARCHE

L'enchaînement des différentes étapes de réalisation de la synthèse sismotectonique, matérialisée par la carte schématique de la planche I, s'effectue de la manière suivante :

#### 2.1.1. Repérage des structures tectoniques principales et continuité

Il est procédé à une synthèse ou regroupement :

- des failles reconnues en surface sur les différentes cartes géologiques s.l. disponibles ;
- des failles décelées en profondeur, grâce à divers travaux antérieurs de géophysique et d'études synthétiques de bassin d'après les résultats des sondages profonds.

Généralement, on ne retient que les failles dont la longueur est au moins égale à 10 km mais on y ajoute les grandes flexures et certains plis anticlinaux affectant les couvertures mésozoïques et cénozoïques. En plus du travail de base effectué par CORPEL et DEBEGLIA (1989) en gravimétrie et magnétisme (cf. planche V de la 1ère partie de la recherche), ont été utilisés les résultats obtenus dans le cadre de la réalisation des profils ECORS et en particulier, ceux des travaux de : De CABISSOLLE (1990), CHOUKROUNE et al. (1990), DESELGAUX et BRUNET (1990), LEFORT et POULPIQUET (1990) et BOIS (1993).

La traduction cartographique de ce travail permet de visualiser les prolongements longitudinaux et/ou en profondeur des failles et autres structures connues en surface. Le résultat de cette étape initiale de la synthèse constitue le fond structural sur lequel vont venir s'ajouter par la suite les interprétations des données néotectoniques et de sismicité.

### 2.1.2. Détermination de l'activité récente des structures

Dans cette 2ème étape de la synthèse, les données néotectoniques sont confrontées aux principales structures tectoniques définies auparavant.

Dans la plupart des cas, ces données néotectoniques présentent un caractère limité dans l'espace, voire ponctuel, en particulier lorsqu'il s'agit de l'observation, sur un affleurement, de la rupture de terrains récents. Néanmoins, lorsque sur des critères d'analogie géométrique (directions et pendages) et de compatibilité cinématique, on parvient à rattacher une observation néotectonique à une grande structure connue à la verticale ou à proximité de cette observation, on admet que le mouvement récent peut être attribué à l'ensemble de la grande structure, d'un bout à l'autre de ses extrémités connues.

Dans cette recherche, sur la planche I, ont été distingués les mouvements très récents, d'âge pléistocène supérieur ou holocène, c'est à dire de moins de 120 000 ans, des mouvements plus anciens généralement moins bien datés, qui ont été regroupés sous la désignation : plio-quadernaire indifférencié.

De plus, une distinction a été faite entre les données correspondant à une rupture ou déformation observée directement sur les affleurements et qualifiée alors de "preuve" néotectonique, des données indirectes d'ordre le plus souvent géomorphologique s.l. et qualifiées d' "indices" néotectoniques.

### 2.1.3. Identification des structures sismogènes

Dans cette étape de la synthèse est effectuée la confrontation des structures tectoniques avec les données de sismicité, afin de déterminer le caractère sismogène, ou non, de ces structures.

Les failles sont reconnues comme sismogènes sur la base d'arguments forts : très bonne corrélation avec des foyers sismiques, mécanismes aux foyers fiables et/ou étude microsismique locale ne laissant aucun doute sur l'activité sismique actuelle de la faille considérée.

Par contre, dans le cas où ces arguments forts sont absents, on dira seulement que les failles sont susceptibles d'avoir une sismicité associée, lorsque au moins deux épacentres macrosismiques ou instrumentaux de localisation fiable à relativement fiable seront situés à proximité de leur tracé.

Pour ne pas surcharger la carte de la planche I, n'ont été retenu sur cette carte que les séismes historiques d'intensité épacentrale  $I_0 \geq IV$ .

Il est ainsi possible de distinguer :

- des failles actives sismogènes,
- des failles actives à sismicité associée possible,
- des failles actives, au sens néotectonique, mais sans sismicité connue.

#### 2.1.4. Détermination des champs de contrainte régionaux

Partout où cela est possible, en fonction des données disponibles et de leur concordance, il est proposé une interprétation sismotectonique régionale du fonctionnement des principaux systèmes de failles.

Cette interprétation repose sur l'analyse et la synthèse des données néotectoniques les plus récentes et de données, directes ou indirectes, sur les contraintes : résultats de mesures de contraintes in situ (par fracturation hydraulique, surcarottage et ovalisation de trous de forage essentiellement) et de calculs fiables de mécanismes au foyer de séismes. Dans cette étude, la sélection des mécanismes au foyer effectuée pour l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (DELOUIS, 1988 ; GRELLET et al., 1993) a été adoptée.

L'interprétation sismotectonique régionale proposée se traduit sur la carte de la planche I par un encadré relié au système d'accidents concerné. Y sont reportés, de façon volontairement très schématique et interprétative, ce que l'on considère comme représentatif du type de déformation sismogène actuel :

- la (ou les) direction(s) moyenne(s) des accidents sismogènes majeurs et le type de rejeu associé ;
- les caractéristiques du champ de contraintes, à travers les directions des contraintes principales maximale et minimale se traduisant dans le plan horizontal par des efforts de compression et d'extension.

S'agissant d'une représentation schématique, le résultat reporté ne s'applique pas à une faille donnée. Par exemple, l'indication du jeu normal ou inverse des failles reste figuratif et ne peut spécifier les compartiments élevés ou abaissés. Par contre pour les décrochements, on s'est efforcé de préciser et d'indiquer le sens de mouvement, dextre ou sénestre.

Enfin, les mouvements composites (décrochant-normal, inverse-décrochant, etc.) sont représentés en associant à un même trait directionnel de faille, les deux types de figuré.

## 2.2. RESULTATS ET COMMENTAIRES

### 2.2.1. Failles actives et sismogènes

#### 2.2.1.1. Failles actives sismogènes

Ce sont, dans les Pyrénées orientales :

- l'ancien chevauchement E-W de Ribes-Camprodon auquel est attribué, en l'état actuel des connaissances, le séisme catalan du 2 février 1428 dont l'épicentre paraît situé près de Queralps ; cette structure jouerait actuellement en décrochement dextre, si l'on se base sur le mécanisme au foyer du séisme du 26 septembre 1984 (magnitude = 4,4) dont l'épicentre est situé entre Ribes de Freser et Queralps ;



- la faille NE-SW de Vernet-les-Bains, ou de Mantet-Fillols, qui recoupe le massif du Canigou et dont le jeu actuel en faille inverse est indiqué par le mécanisme au foyer du séisme du 20 juillet 1983 (magnitude = 3,9). On notera que les épicentres des séismes de 1428 et de 1984 sont situés à proximité de l'intersection des failles de Ribes-Camprodon et de Vernet-les-Bains.

Dans les Pyrénées occidentales, la faille E-W de Lourdes, passant au sud d'Arudy, au sein de la zone des failles nord-pyrénéennes ; le caractère sismogène de cette faille est bien démontré par les études de microsismicité de GAGNEPAIN-BEYNEIX (1987), GAGNEPAIN-BEYNEIX et al. (1980 et 1982) et de GALLART et al. (1985 a et b).

Dans Massif central, la faille de direction WNW-ESE, limitant au Nord le bassin permio-carbonifère de Rodez et Decazeville paraît être sismogène car les épicentres des deux petits séismes du 18 avril 1974 (M = 4,1) et du 23 juin 1986 (M = 3,4) indiquant un jeu normal selon une faille NW-SE sont situés à proximité de cette faille.

En dehors des limites de l'étude, le sillon houiller au nord de la Dordogne est sismogène car deux mécanismes au foyer révèlent un jeu senestre parfois à composante normale selon des plans de failles NNE-SSW. A l'Ouest, la faille NW-SE de l'île d'Oléron joue actuellement en décrochement dextre avec parfois une composante normale comme l'indiquent les séismes des 7 septembre 1972, 10 octobre 1977 et 25 février 1984.

#### 2.2.1.2. Failles actives à sismicité associée possible

Les plus importantes de ces failles sont :

- les failles nord-pyrénéennes occidentales situées au nord et au sud de la faille sismogène de Lourdes ;
- les failles NW-SE de l'Adour et de la Maladetta (au Sud de Tarbes et de St-Gaudens) auxquelles paraissent associés de nombreux séismes parmi lesquels on citera celui de Viella du 19 novembre 1923 ; des indices de jeu très récents sont signalés par BORDONAU et VILAPLANA (1986) sur une faille NW-SE affectant le massif du pic d'Aneto, au sud-ouest de Viella ;
- le chevauchement frontal sud-pyrénéen dans sa partie centrale, près duquel, au nord de Lerida, on connaît des ruptures par faille inverse de terrasses wurmiennes (Pléistocène supérieur) ;
- les failles NE-SW à E-W de Cerdagne et de la Têt, passant à proximité de Prades : elles montrent en plusieurs endroits des preuves de rejeu plio-quatenaire ;
- les failles E-W du massif cristallin de l'Agly, au Nord de Prades, ainsi que la faille nord-pyrénéenne, au Sud de Limoux ; dans le massif de l'Agly, une de ces failles a rejoué très récemment en faille inverse ;
- la faille NNE-SSW de Camplong-Fabrezan, au Sud-Ouest de Lézignan-Corbières ; elle montre un rejeu très récent près de Fabrezan et pourrait être responsable du séisme du 26 janvier 1950 ;
- les failles WNW-ESE du bassin permien de Rodez-Decazeville et celles NW-SE situées plus au nord ;

- la grande faille N-S de bordure occidentale de la Limagne d'Allier, à l'Ouest d'Issoire, près de Clermont-Ferrand, paraît décaler une coulée récente de basalte ; on ne sait pas si le séisme du 1er mars 1490 est à rattacher à cette faille ou bien à celle NE-SW de St Sauve car l'épicentre de ce séisme est situé à proximité de l'intersection de ces deux séismes ;
- les structures de direction NNE-SSW, décelées dans le Bordelais par gravimétrie ou par morphologie structurale et auxquelles il est tentant de rattacher les séismes de l'Entre-Deux-Mers du 10 août 1759 et du 26 janvier 1852.

## 2.2.2. Contraintes régionales

### 2.2.2.1. Régions où les contraintes sont les mieux définies :

Ce sont :

- le versant nord des Pyrénées occidentales et centrales : en 1988, DELOUIS a calculé un tenseur des contraintes pour l'ensemble des Pyrénées ; à partir de 13 séismes dont le mécanisme au foyer est bien contraint, il a obtenu un tenseur correspondant à une déformation par failles inverses dans lequel la contrainte maxima  $\sigma_1$  est horizontale et orientée N170°E ; en appliquant la méthode des dièdres droits aux 6 mécanismes au foyer sélectionnés par l'IPSN (GRELLET et al., 1993), pour la seule région des Pyrénées centrales et occidentales, on obtient une direction moyenne de  $\sigma_1$  voisine de N150°E ; sous l'action de cette contrainte, les failles sensiblement E-W jouent en décrochement dextre lorsque leur direction se rapproche de WNW-ESE et en faille inverse lorsqu'elles tendent vers ENE-WSW, les failles NW-SE devraient jouer en faille normale plutôt qu'en décrochement et quelques failles NNE-SSW pourraient jouer en décrochement sénestre ;
- le versant sud des Pyrénées orientales : il semble que la contrainte maxima horizontale soit comprise entre NW-SE et WNW-ESE ; en effet, les failles de direction proche d'E-W jouent en décrochement dextre (mécanisme au foyer de la faille de Queralps-Camprodon) ou en faille inverse (déformations néotectoniques à l'extrémité orientale de la faille de Vallfogaña) ; les failles NE-SW, telle celle de Vernet-les-Bains jouent en faille inverse et il semble que celles NW-SE de l'Ampurdan jouent en faille normale ;
- dans le "détroit" permo-mésozoïque de Rodez-Decazeville, les failles WNW-ESE et NW-SE paraissent jouer en faille normale sous l'action d'une contrainte extensive horizontale NE-SW ;
- dans le Cézallier, et dans les Limagnes, la contrainte horizontale est orientée N150°E ; elle fait rejouer de façon normale les failles NW-SE, alors que les failles N-S à NE-SW comme le sillon houiller, et sans doute aussi la faille de Saint-Sauves, rejouent en faille sénestre ;
- dans le secteur de l'île d'Oléron, légèrement au-delà de la limite nord de l'étude, les mécanismes au foyer des séismes récents indiquent une direction de compression NNW-SSE responsable du jeu dextre-normal de la faille NW-SE affectant l'île.

#### 2.2.2.2. Régions où les contraintes sont moins bien définies

Cette médiocre définition peut avoir deux origines : soit il n'existe ni mesures de contraintes ni mécanismes au foyer fiables ou bien très peu de mécanismes fiables, soit les données de divers types ne sont pas concordantes.

♦ Dans le premier cas, il s'agit des régions suivantes :

- le front sud de l'unité sud-pyrénéenne centrale, a joué il y a moins de 120 000 ans en faille inverse sous l'effet d'une compression subméridienne ; celle-ci a créé également de petites failles normales de direction proche de N-S, à l'aval du chevauchement frontal, près de Lerida ;
- le versant nord des Pyrénées orientales paraît également soumis à une compression proche de N-S ; celle-ci a provoqué un jeu inverse récent (würmien) d'une faille ENE-WSW du massif cristallin de l'Agly et dans la région de Quillan, au Sud de Limoux, la faille nord-pyrénéenne où un de ses satellites jouerait actuellement en décrochement sénestre, d'après le seul mécanisme au foyer fiable de cette région (séisme du 23/04/1981 ; GALLART et al., 1982) ;
- dans le Limousin, au delà de la limite nord de l'étude, deux mécanismes au foyer de petits séismes correspondent à une compression NW-SE activant des structures NE-SW en failles inverses parfois à composante décrochante.

♦ Dans le second cas, ce sont les régions correspondant :

- à la partie occidentale du Languedoc méditerranéen et à la Montagne noire ; la répartition des contraintes y paraît confuse : une mesure de contrainte par fracturation hydraulique dans un sondage près de Lodève et un mécanisme au foyer d'un séisme proche indiquent une extension NW-SE, alors que deux observations de ruptures de terrains quaternaires par faille inverse NE-SW, suggèrent une compression également NW-SE ; une autre mesure de contrainte par surcarottage indique une contrainte horizontale maxima N-S ; l'incohérence (apparente ?) existant entre ces données paraît impliquer un découpage de la région en blocs structuraux à comportement différent ;
- au bassin Aquitain, dans lequel une donnée d'ovalisation de trou de forage indique un raccourcissement NE-SW, au Sud de la Garonne, tandis qu'au nord, une donnée de même type correspond à un raccourcissement NW-SE.

### 3. DEFINITION DES UNITES SISMOTECTONIQUES

#### 3.1. PRINCIPES GENERAUX

La définition des domaines sismotectoniques et des structures sismogènes a été faite selon une démarche qui comporte les étapes suivantes :

- ◆ l'identification des grands domaines structuraux et des accidents majeurs qui les délimitent ;
- ◆ l'individualisation de domaines néotectoniques caractérisés par un type de déformations récentes et actuelles et un champ de contraintes correspondant ;
- ◆ l'interprétation de la répartition des zones sismiques, en fonction de leur association aux domaines néotectoniques et structuraux (ou à des zones de transition entre domaines différents) et des corrélations pouvant être vérifiées entre foyers sismiques et systèmes de failles, voire de leur localisation dans des zones d'intersection de systèmes structuraux actifs majeurs ou à la verticale de configurations structurales particulières (inflexions ou relais de failles décrochantes en compression locale, par exemple).

Ce sont ainsi les principaux domaines ou (unités) sismotectoniques qui sont définis dans un premier temps, éventuellement subdivisés ensuite en fonction de particularités de l'activité sismique, interprétables avec des arguments néotectoniques et/ou structuraux. Une attention particulière est accordée aux situations pouvant justifier des concentrations locales de contraintes et des comportements mécaniques différents de blocs crustaux.

Enfin, les structures sismogènes décelables (failles ou systèmes de failles) sont identifiées.

Par ailleurs, le concept de domaine sismotectonique est précisé :

- lorsqu'il qualifie une zone caractérisée par un (ou des) système(s) de fractures denses, il conduit, selon la pratique "classique", à admettre l'éventualité de sources sismiques auxquelles peuvent être associés les séismes maximaux, sur tout le domaine ;
- lorsqu'il correspond à des régions assez vastes, délimitées par des accidents structuraux majeurs, et au sein desquels sont identifiées des structures sismogènes particulières (limitées à ce domaine ou le traversant), il conviendra de ne placer ces sources sismiques associables aux séismes maximaux que sur les limites du domaine ou sur les structures sismogènes principales qui y sont inscrites ou qui le traversent.

En effet, l'énergie libérable lors de ces séismes maximaux suppose une taille de source sismique que l'on ne peut envisager que sur des accidents majeurs actifs (en raison des contraintes relatives à la géométrie de la rupture correspondante : longueur, extension en profondeur, profondeur d'initialisation). De plus, en contexte intraplaque, et, en particulier, loin des zones de déformation les plus intenses, on admet que les ruptures sismiques apparaissent sur des "plans de fragilisation" de l'écorce terrestre offrant une résistance moindre au cisaillement, à savoir, les structures héritées d'une histoire tectonique plus ancienne.

Dans le reste de ces domaines, on ne peut exclure l'existence possible de failles moins importantes (plurikilométriques à décakilométriques), non décelées actuellement. Ainsi, la faible période de temps couverte par les données historiques et instrumentales, les lacunes possibles des données néotectoniques et des connaissances sur la structure du socle et de la couverture dans les régions qui n'ont pas fait l'objet de recherches approfondies en ce sens, incitent à une certaine prudence. Il reste donc justifié d'admettre l'occurrence possible des séismes plus faibles en tout point de ces domaines. Ces séismes plus faibles, que l'on peut identifier après avoir effectué le rattachement des séismes maximaux aux structures sismogènes principales, constituent, en quelque sorte, le "background sismique" du domaine sismotectonique considéré.

### 3.2. RESULTATS

Ils sont présentés sur la planche II hors-texte, sur laquelle on a séparé :

- les domaines sismotectoniques distingués par des lettres majuscules,
- les principales structures sismogènes, subdivisées en 3 catégories :
  - . des systèmes de structures sismogènes numérotés à l'aide de chiffres arabes,
  - . des structures sismogènes limitant les domaines sismotectoniques et identifiés par des lettres grecques,
  - . d'autres structures sismogènes existant soit au sein d'un domaine sismotectonique, soit recoupant plusieurs domaines ; elles sont identifiées par des lettres minuscules.

La liste des domaines et structures sismogènes est donnée dans le tableau 1, avec, dans chaque cas, la localisation et l'indication de l'année d'occurrence du séisme de référence correspondant.

#### 3.2.1. Domaines sismotectoniques et structures sismogènes situés à l'ouest du sillon houiller-faille de Villefranche-Toulouse

##### 3.2.1.1. Domaine sismotectonique sud-armoricain : Vendée, Poitou, Charentes (A1 sur la planche II hors-texte)

Il est en grande partie situé au-delà de la limite nord de la zone étudiée. Il est caractérisé par une structuration et un métamorphisme majeur d'âge dévonien et une reprise des déformations avec mise en place de granites au Carbonifère. La partie moyenne de la croûte montre des réflecteurs sismiques à pendage nord ainsi que des structures magnétiques à faible pendage qui doivent correspondre à d'anciens chevauchements profonds à vergence sud. De plus, ce domaine est parcouru par de nombreuses discontinuités verticales NW-SE qui atteignent et parfois décalent le Moho ; parmi elles, celles de La Rochelle semblent se superposer à l'ancienne suture sud-armoricaine. C'est cette zone probable de suture, ou front des nappes internes dévoniennes, qui limite au sud-est ce domaine.

Les séismes y sont relativement nombreux et certains y atteignent des intensités épicentrales égales à VII ou VII-VIII (séismes des 15/02/1657, 14/09/1866, 06/10/1711, 09/01/1772, 09/01/1930, 28/09/1935 et 02/01/1959), mais ces séismes paraissent liés aux rejeux des grandes failles NW-SE dont certaines montrent des indices de mouvements néotectoniques de type normal-dextre. En dehors de ces failles, le "background" sismique ne dépasse pas l'intensité VI.

### 3.2.1.2. Domaine sismotectonique de l'ouest du Massif central (A2 sur la planche II)

Le domaine correspondant à l'ouest du Massif central, bien que situé lui aussi au nord-est de la suture sud-armoricaine, a été distingué du domaine précédent en raison d'une activité sismique nettement plus faible qui semble plutôt résulter de la réactivation de failles E-W dans la région de la Marche et de failles NE-SW dans le Limousin.

La grande faille NE-SW passant entre Angoulême et Limoges a été choisie comme limite entre le domaine précédent (sud-armoricain) et ce domaine de l'Ouest du Massif central. Les limites sud-ouest et sud-est de ce dernier domaine sont respectivement, la suture sud-armoricaine passant par les environs de Bergerac et de Montauban où elle apparaît asismique et le prolongement sud du sillon houiller jusqu'à la faille de Villefranche de Rouergue, cette dernière n'apparaissant pas non plus sismique.

Si l'on excepte la faille de la Marche, le domaine sismotectonique de l'ouest du Massif central n'a pas connu de séismes d'intensité supérieure ou égale à VI.

### 3.2.1.3. Suture sud-armoricaine et graben de Saintes-Cognac ( $\alpha$ sur la planche II)

Cette structure sismogène est parfois interprétée comme une ancienne suture hercynienne. C'est une zone de faiblesse qui a été réutilisée à la fin du Primaire (aux environs de 300 millions d'années) par les failles qui constituent le graben ancien de Saintes et Cognac.

Le séisme de référence pourrait être (hypothèse la plus pénalisante) : le séisme vendéen du 25 janvier 1799 (d'intensité épicentrale = VIII) dans le cas où ce séisme aurait été situé en mer, sur le prolongement nord-ouest de cette suture. Au contraire, si ce séisme s'était produit sur la côte vendéenne, il appartiendrait à l'unité sismotectonique située au Nord de la suture et dans ce cas, le séisme de référence pour cette dernière serait alors l'événement du 26 juillet 1882, d'intensité épicentrale égale à VI.

### 3.2.1.4. Domaines sismotectoniques du centre du bassin Aquitain (B1, B2 et B3, planche II)

Ce domaine correspond à une unité de socle à matériel dévonien dite unité centrale (Paris et al., 1988). La profondeur du socle y est pratiquement toujours inférieure à 3 km. Les limites nord-est et sud-ouest de ce domaine sont sensiblement celles de l'unité dévonienne aquitaine, à savoir, respectivement, la suture sud-armoricaine et la faille de la Garonne prolongée vers le Nord-Ouest par l'anomalie magnétique du Médoc.

En raison de ces particularités structurales et sismiques de la région bordelaise, il paraît utile de subdiviser ce domaine sismotectonique en trois parties :

- le sous-domaine girondin (B1), incluant le Médoc et l'île d'Oléron, à faible sismicité si l'on excepte celle associée à la faille NW-SE de Dolus d'Oléron, située au-delà de la limite nord de l'étude ;
- le sous-domaine du Bordelais et de l'Entre-Deux-Mers (B2) qui correspond à une zone subsidente récente superposée à un approfondissement de la base de la croûte dépassant 30 km ; la sismicité de cette unité est faible à moyenne avec deux séismes de localisation fiable : 26/01/1852 d'intensité +VI et 10/08/1759 d'intensité +VII, ce dernier étant pris comme séisme de référence ; ces séismes pourraient être liés aux failles NE-SW décelées par géophysique ou par géomorphologie (a, sur la planche II) ;
- le sous-domaine agenais (B3), à sismicité pratiquement inexistante.

#### 3.2.1.5. Domaine sismotectonique de l'Aquitaine méridionale et du bassin de Parentis (C, planche II)

Ce domaine est situé au sud du précédent et sa limite sud est marquée par les plus septentrionales des déformations plicatives notables de l'avant-pays nord-pyrénéen.

Le socle de ce domaine est essentiellement constitué de schistes et de grès d'âge Cambrien à Silurien et il est caractérisé par une anomalie gravimétrique régionale positive. La profondeur de la base de la croûte continentale (Moho) est presque partout inférieure à 28 km et elle est plus faible que 25 km, au niveau du bassin de Parentis, vers la côte atlantique. L'épaisseur de la couverture sédimentaire est généralement supérieure à 2 km et elle dépasse 5 km dans le secteur de Parentis.

Cette unité à sismicité pratiquement inexistante peut être considérée comme asismique.

#### 3.2.1.6. Domaine des plis et chevauchements nord-pyrénéens (D, planche II)

Cette unité est limitée au Sud par les plus septentrionales des failles actives du versant nord des Pyrénées ainsi que par les massifs cristallins basques, dans sa partie occidentale. Du point de vue gravimétrique, elle est comparable à l'unité précédente. Ce qui l'en distingue est la présence de plis accompagnés de chevauchements et parfois de diapirs, ainsi que la profondeur du toit du socle, supérieure à 3 km au Nord et 5 ou parfois 6 km au Sud.

La sismicité n'y est plus négligeable, sans doute en raison de la déformation, de plus en plus intense vers le Sud, des séries sédimentaires nord-pyrénéennes. D'assez nombreux séismes de magnitude comprise entre 3,5 et 4,5 y sont connus, parmi lesquels le plus important est celui du 05 février 1981 d'intensité VI et dont l'épicentre est situé près du chevauchement d'Orthez, dans les environs de l'anticlinal de Sainte-Suzanne et du gisement de gaz de Lacq.

### 3.2.1.7. Domaine sismotectonique des massifs cristallins basques (E, Planche II)

Cette unité correspond pour l'essentiel au socle paléozoïque affleurant sous quelques lambeaux de couverture crétacée. Ces massifs sont affectés par des failles inverses et chevauchements hercyniens E-W et N-S, repris à l'Eocène lors de la compression pyrénéenne ; de plus ils semblent plus ou moins nettement recoupés par de grands décrochements NNE-SW qui iraient de l'Adour, au nord, jusqu'aux environs de Pamplona au Sud.

La sismicité y est faible et paraît surtout développée à l'ouest de St Jean-Pied-de-Port, dans un secteur où les failles NNE-SSW recoupent et perturbent les failles inverses E-W.

Le séisme de référence est celui du 24 février 1984 d'intensité épiscopale égale à VI.

### 3.2.1.8. Système de structures sismogènes des failles nord-pyrénéennes occidentales (S1, planche II)

La limite nord de cette unité se confond avec les chevauchements E-W et NW-SE situés à l'Est et à l'Ouest d'Oloron-Ste-Marie ; les limites ouest et est correspondent respectivement aux failles N-S passant par St Jean-Pied-de-Port et à la faille NW-SE de l'Adour, au Sud de Tarbes ; enfin la limite sud suit la bordure méridionale des massifs cristallins de Mendibelza et d'Igouze et ensuite se confond avec le chevauchement des Eaux-Chaudes, au Sud du Massif du Pic du Midi de Bigorre.

Cette zone à sismicité intense se confond pratiquement avec l'anomalie magnétique et dense de la zone nord-pyrénéenne ; elle est affectée par des failles inverses, plus développées au Nord qu'au Sud de la faille nord-pyrénéenne qui correspond à la bordure nord de la zone axiale hercynienne. Ce secteur est caractérisé par la remontée de roches granulitiques de la base de la croûte ou ultrabasiques du sommet du manteau qui témoigne de l'amincissement crustal pyrénéen survenu au Crétacé inférieur ; de nombreuses failles à dominance E-W y sont actives et sismogènes. Toutefois, pour rendre compte des données de sismique profonde, il n'est pas nécessaire de faire intervenir une anomalie lithosphérique, comme dans l'Est et le centre des Pyrénées ; ici seul le Moho est décalé verticalement.

Les séismes de référence de cette unité sont au nombre de deux, soit celui du 21 juin 1660 (intensité +VIII) situé en bordure nord de la zone axiale, à 15 km de profondeur sous le Pic du Midi de Bigorre et celui du 13 août 1967 (intensité épiscopale VIII) situé à 5 km de profondeur, légèrement au Nord de la faille nord-pyrénéenne, dans la région d'Arette.

### 3.2.1.9. Domaine sismotectonique de la zone axiale pyrénéenne occidentale (F, planche II)

Cette unité s'identifie à la partie occidentale de la zone axiale à socle hercynien affleurant.

Les chevauchements d'âge pyrénéen affectant le matériel hercynien et une couverture crétacée d'épaisseur réduite, sont subverticaux au Nord, s'aplanissent ensuite dans le secteur de Gavarnie, pour finir en têtes plongeantes de nappes inclinées vers le Sud dans le secteur des Nogueras où se situe la limite avec l'unité suivante, plus méridionale.



Les séismes sont moins fréquents que dans l'unité précédente mais plusieurs dépassent l'intensité VII ou VII-VIII, au Sud-Ouest de Viella, dans le Val d'Aran, qui appartient à une autre unité. Il existe ici une incertitude sur le séisme de référence ; parmi les séismes les mieux localisés (de façon relativement fiable) connus dans cette unité, les plus forts ont été ceux du 28 mars 1915 (intensité épiscopale = +VII) et du 29 novembre 1919 (intensité +VII également) ; toutefois le séisme du 3 mars 1373 d'intensité +VIII ou VIII-IX apparaît maintenant localisé dans la vallée de la Ribagorzana, entre Viella et Sopeira et, de ce fait, pourrait être pris comme séisme de référence de cette unité de la zone axiale occidentale.

#### 3.2.1.10. Domaine des Unités chevauchantes sud-pyrénéennes (G, planche II)

Cette unité sismotectonique se confond avec les unités structurales, à matériel mésozoïque charrié, de la zone sud-pyrénéenne : unité de Gavarnie et unité sud-pyrénéenne centrale. Ses limites sud et est correspondent aux chevauchements frontal et latéral de cette zone décollée (SEGURET, 1972). Les plis et chevauchements y sont dirigés généralement E-W à NW-SE, mais à la limite entre les 2 unités structurales principales précédemment citées, les directions tectoniques peuvent être sub-méridiennes.

La sismicité médiocrement connue de cette partie du versant sud des Pyrénées culmine avec le séisme du 10 juillet 1923 d'intensité +VII-VIII qui a vraisemblablement été engendré par la réactivation d'un des chevauchements internes de l'unité de Gavarnie.

#### 3.2.1.11. Domaine du bassin de l'Ebre (H, planche II)

Cette unité à couverture secondaire et tertiaire laisse apparaître sur ses bordures quelques plis diapirs. Elle est considérée comme "asismique".

#### 3.2.1.12. Domaine sismotectonique de la chaîne ibérique (I, planche II)

Le présente étude ne comporte qu'une partie de la bordure nord-est de cette chaîne intracratonique. Elle est affectée de plis de couverture et de chevauchements.

La sismicité y est notable quoique modérée. Le séisme de référence est celui du 18 mars 1817 auquel une intensité égale à VIII-IX a été attribuée. Ce séisme paraît être lié à l'activité du chevauchement bordier de la chaîne, au Sud-Ouest de Pamplona.

### 3.2.2. Domaines sismotectoniques et structures sismogènes localisées à l'est du sillon houiller-faille de Villefranche-Toulouse

L'angle nord-est de la zone de recherche est occupé par une très faible partie du domaine sismotectonique des Limagnes, étudié précédemment (cf. BLES et al., 1992).

### 3.2.2.1. Domaine sismotectonique du Sud-Ouest du Massif central (J sur planche II) et structures sismogènes le limitant ( $\beta$ , $\gamma$ et $\delta$ )

Ce domaine est caractérisé essentiellement par l'affleurement du socle hercynien et par la présence d'une anomalie gravimétrique fortement négative qui doit être due à l'existence de granites comme celui de la Margeride. Il est affecté par des failles N-S à NNE-SSW et d'autres E-W à NW-SE.

La sismicité y est très faible ; les seuls séismes notables sont situés dans le nord de Rouergue ou le plus intense, celui du 16 mai 1939 d'intensité VI situé au nord de Millau paraît lié aux failles WNW-ESE à NW-SE du bassin permio-mésozoïque du "détroit" de Rodez (failles sismogènes b, sur la planche II), lesquelles jouent actuellement de façon normale.

Ce domaine est limité :

- à l'Ouest par le prolongement sud du sillon houiller et la faille de Villefranche-de-Rouergue se prolongeant jusqu'à Toulouse ;
- au Nord, par l'intersection de 3 zones de structures sismogènes : la faille NE-SW de St Sauve ( $\beta$ ) qui vient se joindre au sillon houiller, les failles subméridiennes des Monts d'Auvergne ( $\gamma$ 1) bordant à l'Ouest la Limagne d'Allier et les failles NW-SE du Cézallier ( $\delta$ ) ; le séisme auvergnat du 1er mars 1490 d'intensité épiscopale +VIII est pris comme référence pour cette zone d'intersection de ces structures sismogènes car il est situé près de l'intersection de deux d'entre elles, et on ne peut dire s'il est lié à la faille de St Sauve ou aux failles N-S des Monts d'Auvergne.
- à l'Est, par une série de failles subméridiennes ( $\gamma$ 2) qui semblent prolonger vers le Sud, jusqu'à la Méditerranée les failles de bordure ouest de la Limagne d'Allier ; à ces structures sismogènes, dont l'activité est bien moins importante que les précédentes, il semble que le séisme du 16 mai 1939 doive être rattaché, comme séisme de référence.

Ces failles sismogènes subméridiennes  $\gamma$ 2 séparent le domaine sud-ouest du Massif central d'un domaine Cévenol de caractéristiques analogues et de sismicité aussi faible.

### 3.2.2.2. Domaine sismotectonique du Lauraguais et de la Montagne noire (K, planche II)

Au Sud du domaine J précédent, et au Sud du prolongement vers le Sud-Est de la suture sud-armoricaine présumée, ce domaine peut être distingué en raison des déformations néotectoniques qui y sont connues ; la plus septentrionale de celles-ci correspond au jeu inverse würmien de la faille E-W du Thoré, au Sud de Castres.

Toutefois, la sismicité de cette unité est très faible.

### 3.2.2.3. Domaine sismotectonique du Languedoc méditerranéen et du Roussillon (L, planche II)

Ce domaine est caractérisé par l'existence de structures plissées et chevauchantes éocènes (pyrénéennes) d'orientation moyenne NE-SW, recoupées par de nombreuses failles normales oligo-miocènes sensiblement de même orientation. La quasi-absence d'anomalies magnétiques doit résulter de la très grande profondeur du socle cristallin.

Sa limite nord-ouest coïncide avec la disparition vers le bassin Aquitain des plis pyrénéens et des failles oligo-miocènes. La limite sud de ce domaine correspond au front nord de la zone à déformation métamorphique pyrénéenne. Le petit bassin d'effondrement tertiaire du Roussillon a été rattaché à cette unité.

La sismicité y est relativement faible ; le séisme du 28 juin 1950 d'intensité +VI peut être pris comme référence; Il semble qu'il puisse être attribué à la faille NNE-SSW de Fabrezan réactivée au Quaternaire récent.

### 3.2.2.4. Système de structures sismogènes des failles nord-pyrénéennes orientales (S2, planche II)

Cette unité correspond à la zone métamorphique nord-pyrénéenne, au sein de laquelle sont inclus plusieurs massifs cristallins. A la différence du système de structures sismogène des failles nord-pyrénéennes occidentales, il est nécessaire de faire intervenir ici une anomalie lithosphérique pour expliquer les données sismiques profondes. Il semble exister, au niveau des massifs nord-pyrénéens, un chevauchement profond, à vergence sud de la partie rigide de la lithosphère, avec une imbrication l'une dans l'autre des structures crustales et lithosphériques des plaques Europe et Ibérie (SOURIAU et al., 1992).

Les failles sont généralement inverses, de direction proche de E-W, subverticales au Sud, comme la faille nord-pyrénéenne, et inclinées vers le Sud, à la limite nord de l'unité. Quelques failles NE-SW s'individualisent parfois en recoupant les structures E-W.

A la différence de son équivalent occidental (S1) la sismicité y est relativement faible et le séisme maximum connu, qui sera pris comme référence est celui du 23 septembre 1922 d'intensité épacentrale VI-VII.

### 3.2.2.5. Domaine sismotectonique de la partie centrale de la zone axiale pyrénéenne (M, planche II)

Cette unité qui inclut le territoire de la principauté d'Andorre est toute entière contenue dans la zone axiale paléozoïque. Elle est recoupée par des failles E-W et par de plus nombreuses failles NW-SE qui sont d'anciens décrochements dextres hercyniens.

Elle est limitée, au Nord, par la faille nord-pyrénéenne, au Sud-Est, par les failles sismogènes de Cerdagne et de la Têt et, au Sud-Ouest par une autre zone de failles sismogènes qui se relaient et traversent pratiquement la chaîne pyrénéenne : la zone de failles NW-SE de Bigorre et de la Maladetta, qui s'étendent de Tarbes au Nord-Ouest jusqu'à Seo de Urgel, au Sud-Est.

Cette unité de la zone axiale des Pyrénées centrales montre une sismicité assez développée mais de faible intensité. Le séisme le plus fort connu qui servira de référence est celui du 21 juin 1950, situé entre l'Andorre et la Maladetta et d'intensité + VI.

### 3.2.2.6. Structures sismogènes de Bigorre et de la Maladetta ( $\epsilon$ , planche II)

Cette série de failles NW-SE devenant parfois WNW-ESE, interrompt vers l'Ouest le système de structures sismogènes des Pyrénées occidentales et semble constituer une limite importante, du point de vue sismique, entre cette partie occidentale et le reste des Pyrénées centrales et orientales.

Des séismes moyens à forts jalonnent cette zone, surtout dans ses parties nord et centrale (dans le Nord de la zone axiale). Le séisme de référence semble être celui de Viella du 19 novembre 1923 d'intensité VIII ; mais on ne peut totalement exclure que le séisme du 3 mars 1373, d'intensité VIII-IX ne se soit pas produit dans la région de Viella, auquel cas il devrait pris comme référence à la place de celui de 1923.

### 3.2.2.7. Structures sismogènes de Cerdagne et de la Têt ( $\phi$ , planche II)

Les failles de Cerdagne et de la Têt de direction NE-SW à E-W ont joué au Miocène et au Pliocène et plusieurs critères néotectoniques indiquent qu'elles ont rejoué pendant le Quaternaire.

Elles paraissent développer une sismicité relativement fréquente mais assez modérée. Le séisme pouvant être pris comme référence est celui du 27 décembre 1755, d'intensité épiscopale +VI.

### 3.2.2.8. Domaine sismotectonique du Massif catalan et de l'Ampurdan (N, planche II)

Ce domaine comporte un socle hercynien affleurant, au Nord, dans les massifs du Canigou et des Albères et, au Sud, à l'extrémité nord-est de la chaîne catalane.

Il comporte également une partie de la couverture mésozoïque plissée, chevauchante et parfois décalée au cours de l'orogénèse pyrénéenne ainsi que des sédiments tertiaires du bassin de l'Ampurdan.

Il comporte au Nord des failles de chevauchement E-W qui jouent parfois en décrochements dextres ainsi que quelques failles NE-SW jouant de façon inverse alors qu'au Sud ce sont des failles normales miocènes NW-SE qui viennent recouper les chevauchements pyrénéens les plus méridionaux. Les forts séismes du 15 mars 1427 et du 15 mai 1427 paraissent liés à ces failles NW-SE et, peut être pour le plus récent, à l'intersection de l'une d'entre elles avec le chevauchement E-W de Vallfogona.

Cependant c'est le séisme du 2 février 1428 paraissant lié à l'intersection du décroche-chauchement E-W de Queralps-Camprodon avec la faille inverse de Vernet-les-Bains qui sera pris comme référence pour cette unité ; son intensité épiscopale est voisine du degré IX.

### 3.2.2.9. Système de structures sismogènes de la chaîne catalane (S3, planche II)

La chaîne tertiaire catalane est affectée par de nombreuses failles normales oligo-miocènes apparues avec la formation de l'océan provençal. Comme dans la chaîne ibérique une sismicité relativement intense s'y développe et culmine avec le séisme du 25 mai 1448, d'intensité VIII, qui sera pris comme séisme de référence.

TABLEAU 1 - PRINCIPALES UNITES SISMOTECTONIQUES (DOMAINES ET STRUCTURES SISMOGENES) ET SEISMES DE REFERENCE ASSOCIES	
UNITES SISMOTECTONIQUES	SEISMES DE REFERENCE
<input type="checkbox"/> DOMAINES SISMOTECTONIQUES	(hors ceux rattachés aux structures sismogènes)
A = Sud Armorique et Ouest du Massif Central	
A1 : Sud Armorique (Vendée, Poitou, Charentes)	Background sismique d'intensité < VI
A2 : Ouest du Massif Central	"
B = Bassin Aquitain septentrional	
B1 : Gironde	Background sismique d'intensité < VI
B2 : Bordelais et Entre-Deux-Mers	10 août 1759 (Io = + VII)
B3 : Agenais	Background sismique d'intensité < VI
C = Aquitaine méridionale et bassin de Parentis	"
D = Plis et chevauchements nord-pyrénéens	05 février 1981 (Io = VI)
E = Massifs cristallins basques	25 février 1984 (Io = VI)
F = Zone axiale pyrénéenne occidentale	29 novembre 1919 (Io = + VII) ou 03 mars 1373 (Io = VIII - IX)
G = Unités chevauchantes sud-pyrénéennes	10 juillet 1923 (Io = + VII - VIII)
H = Bassin de l'Ebre	Background sismique d'intensité < VI
I = Chaîne ibérique	18 mars 1817 (Io = VIII-IX)
J = Sud-ouest du Massif Central (Cantal, Margeride, Rouergue)	Background sismique d'intensité < VI
K = Lauraguais et Montagne Noire	"
L = Languedoc méditerranéen occidental et Roussillon	28 juin 1950 (Io = + VI)
M = Zone axiale pyrénéenne centre-orientale	21 juin 1950 (Io = + VI)
N = Massif Catalan et Ampurdan	2 février 1428 (Io = IX)
UNITES SISMOTECTONIQUES	SEISMES DE REFERENCE
<input type="checkbox"/> SYSTEMES DE STRUCTURES SISMOGENES	
S1 : Failles nord-pyrénéennes occidentales	21 juin 1660 (Io = + VIII) 13 août 1967 (Io = VIII)
S2 : Failles nord-pyrénéennes orientales et Massifs cristallins nord-pyrénéens	23 septembre 1922 (Io = VI-VII)
S3 : Failles NE-SW de la chaîne catalane	25 mai 1448 (Io = VIII)
<input type="checkbox"/> FAILLES SISMOGENES LIMITANT LES DOMAINES	
α = Suture sud-armoricaine et graben de Saintes-Cognac	26 juillet 1882 (Io = VI) ou 25 janvier 1799 (Io = VIII)
β = Faille NE-SW de Saint Sauve	1er mars 1490 (Io = + VIII)
γ1 = Failles N-S des Monts d'Auvergne	"
γ2 = Failles N-S de la Margeride au Languedoc	16 mai 1939 (Io = VI)
δ = Failles NW-SE du Cézallier et du Velay	24 juin 1772 (Io = VI)
ε = Failles NW-SE de Bigorre et de la Maladetta	19 novembre 1923 (Io = VIII) ou 3 mars 1373 (Io = VIII-IX)
φ = Failles NE-SW à E-W de la Têt et de Cerdagne	27 décembre 1755 (Io = + VII)
<input type="checkbox"/> AUTRES FAILLES SISMOGENES (à l'intérieur des domaines ou les traversant)	
a = Failles NE-SW du Bordelais et de l'Entre-deux-Mers	10 août 1759 (Io = + VII)
b = Faille WNW-ESE du "Déroit" de Rodez	16 mai 1939 (Io = VI)

## 4. CARACTERISATION DES SEISMES DE REFERENCE

Les principales caractéristiques focales des séismes de référence sont présentées dans le tableau 2. Parmi ces séismes de référence, certains sont issus uniquement de données de sismicité historique et ceci nécessite que leur profondeur focale et la magnitude qui leur correspond soient calculées par des formules empiriques.

Certaines de ces caractéristiques ont déjà été calculées dans des études antérieures récentes et seuls les calculs complémentaires indispensables ont été effectués dans cette étude.

### 4.1. DETERMINATION DE LA PROFONDEUR FOCALE

Le calcul de la profondeur focale repose sur différentes lois empiriques de décroissance de l'intensité en fonction de la distance focale. Différentes méthodes reposant sur ces lois ont été proposées par divers auteurs : BLAKE (1941), SHEBALIN (1957, 1959 a et b) et SPONHEUER (1960). Dans cette étude, nous avons utilisé essentiellement la méthode de SPONHEUER. Cette méthode graphique permet de calculer la profondeur macrosismique d'un séisme à partir de divers couples de données (distances épacentrales, intensités). L'équation de base sur laquelle repose la méthode de SPONHEUER est :

$$\Delta I = 3 \log \frac{\sqrt{r^2 + h^2}}{h} + 1,3 \propto (\sqrt{r^2 + h^2} - h)$$

où :

- $\Delta I$  : différence entre l'intensité épacentrale ( $I_0$ ) et l'intensité ( $I_n$ ) observée à une distance ( $r$ ) de l'épicentre.
- $r$  : distance épacentrale,
- $h$  : profondeur focale,
- $\propto$  : coefficient d'absorption

La méthode a été automatisée.

### 4.2. DETERMINATION DE LA MAGNITUDE

Pour déterminer la magnitude  $M$  des séismes de référence, nous avons utilisé les formules empirico-statiques suivantes, établissant une relation entre la magnitude ( $M$ ) et l'intensité épacentrale ( $I_0$ ) et faisant (ou non) intervenir la profondeur focale ( $h$ ) :

- a)  $M : 0,5 I_0 + 1,25$  établie par DESPEYROUX et GODEFROY (1986) pour l'ensemble de la France ;
- b)  $M : 0,5 I_0 + \log h + 0,35$  ou encore  $M : 0,44 I_0 + 1,95$  lois moyennes pour l'ensemble de l'Europe ou de la France établies par KARNIK (1969).

Les valeurs moyennes obtenues avec ces diverses relations pour les séismes de référence d'origine historique sont reportées dans le tableau 2.

#### 4.3. RECHERCHE DE LOIS D'ATTENUATIONS APPROPRIÉES

Pour déterminer l'intensité que les séismes de référence des unités sismotectoniques pourraient induire sur des sites industriels à risque spécial, il est nécessaire de calculer les atténuations des intensités épicentrales  $I_0$  en fonction de la distance minimale envisageable ( $\Delta e$ ) de ces Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (S.M.H.V.) à chaque site.

Pour cela, deux approches peuvent être utilisées :

- il est possible d'appliquer un modèle d'atténuation de l'intensité adapté à la région considérée,
- ou bien, l'atténuation de l'intensité d'un séisme donné peut être déduite directement du tracé des isoséistes.

Le modèle d'atténuation généralement retenu est de la forme :

$$I - I_0 = a + b \log r + cr$$

où :  $r$  : distance épicentrale  
 $a$ ,  $b$  et  $c$  : constantes à déterminer.

Appliqué aux diverses régions françaises, ce modèle a permis à DESPEYROUX et GODEFROY (1985 et 1986) d'aboutir à des lois régionales simples. Celle applicable au sud-ouest de la France est :

$$I = I_0 + 1,3 - 2,6 \log_{10} r - 0,003 r \quad \text{avec } r \geq 10 \text{ km}$$

Les deux inconvénients de cette loi sont :

- d'une part de s'appliquer seulement lorsque  $r \geq 10$  km,
- d'autre part, de ne pas prendre en compte la profondeur des séismes.

C'est pourquoi, il paraît nettement préférable d'utiliser l'atténuation directement observée, indiquée par les enquêtes macrosismiques et le tracé des isoséistes, lorsque le nombre de données macrosismiques permet d'effectuer ce tracé.

Dans le cas contraire, on utilisera la loi régionale établie par DESPEYROUX et GODEFROY pour le sud-ouest de la France. Cette loi est en effet valable pour l'ensemble du Bassin aquitain, ainsi que pour les pays bordiers du Languedoc occidental, du sud-ouest du Massif central et de la Vendée.

Seule la chaîne pyrénéenne fait exception et il est nécessaire de déterminer une loi d'atténuation qui puisse être utilisée pour les séismes de cette région.



**Détermination d'une loi d'atténuation régionale pour les Pyrénées :**

Les lois d'atténuation traduisent la décroissance de l'intensité d'un séisme avec la distance épacentrale. En 1969, KARNIK a proposé la loi générale suivante, qui tient compte de la profondeur :

$$I = c - a \log_{10} R - b R \quad (1)$$

avec  $R$  : distance focale ;  $R = (r^2 + h^2)^{1/2}$   
 $h$  : profondeur focale  
 $r$  : distance épacentrale

En se plaçant à l'épicentre, l'équation (1) devient :

$$I_0 = c - a \log_{10} h - b h$$

d'où 
$$\Delta I = I_0 - I = a \log_{10} \left( \frac{R}{h} \right) + b (R - h)$$

La comparaison des isoséistes sur les séismes pyrénéens des 2 février 1428 ( $I_0 = IX$ ), 21 juin 1660 ( $I_0 = + VIII$ ), 13 août 1967 ( $I_0 = VIII$ ) et 29 février 1980 ( $I_0 = + VII-VIII$ ) montre que les rayons d'isoséistes d'intensités correspondant à un même  $\Delta I$  ne sont pas semblables. Ceci indique que, pour les Pyrénées, la profondeur du foyer peut varier sensiblement d'un séisme à l'autre.

Ainsi, la loi d'atténuation choisie pour les Pyrénées doit tenir compte de la profondeur focale du séisme. SPONHEUER (1960) propose la méthodologie suivante.

La loi de décroissance de l'énergie des ondes sismiques s'écrit :

$$E = CR^{-n} \exp \left[ \left( \frac{-2\pi}{QV} f \right) R \right] \quad (2)$$

$$C = \frac{E_0}{4\pi}$$

avec :  $E_0$  : énergie libérée par la source au temps 0  
 $R$  : distance focale  
 $R^{-n}$  : expansion géométrique de l'onde :  
 $n = 2$  pour les ondes de volume dans un milieu homogène  
 $n = 1$  pour les ondes de surface.

$\exp \left( \frac{-2\pi}{QV} f \right)$  : atténuation anélastique, due à l'absorption du milieu :

$Q$  : facteur de qualité du milieu traversé  
 $V$  : vitesse de propagation de l'onde dans ce milieu  
 $f$  : fréquence de l'onde

D'autre part, d'après la théorie de propagation des ondes, l'énergie, en un point, est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde en ce point :

$$E = c A^2$$

Soit  $A_0$ , l'amplitude à l'épicentre, et  $A$ , l'amplitude à la distance  $r$  de l'épicentre. La relation (2) devient :

$$A_0/A = (R/h)^m \exp [\alpha(R - h)] \quad \text{avec } \alpha = \pi f/QV \text{ et } m = n/2$$

$$R : \text{distance focale} = (r^2 + h^2)^{1/2}$$

L'intensité étant reliée de manière empirique à l'amplitude :

$$I = p \log_{10} A + q$$

Il ressort :

$$\Delta I = I_0 - I = m.p. \log_{10} (R/h) + \alpha p(\log_{10} e)(R-h) \quad (3)$$

SPONHEUER (1960) a proposé la valeur 3 pour le paramètre  $p$ . Dans le cas des ondes de volume ( $m = 1$ ), la relation (3) devient :

$$\Delta I = 3 \log_{10} (R/h) + 1,3 \alpha (R-h)$$

ACHARD et GOULA (1988) ont considéré 4 séismes pyrénéens 22 février 1924 ( $I_0 = \text{VII-VIII}$ ), 31 janvier 1950 ( $I_0 = \text{VII}$ ), 13 août 1967 ( $I_0 = \text{VIII}$ ) et 6 janvier 1982 ( $I_0 = \text{VII}$ ) pour en déduire une loi de décroissance moyenne sur les Pyrénées. Ils calculent un coefficient d'atténuation physique  $\alpha$  égal à  $1,0.10^{-3} \pm 1,6.10^{-3}$  par km.

Après avoir effectué des tests de cette loi et comparé les résultats avec les isoséistes relatives aux principaux séismes pyrénéens (1428, 1660, 1967 et 1980), d'une part, et après comparaison avec d'autres lois moyennes, d'autre part, nous retenons la loi d'atténuation de l'intensité définie par ACHARD et GOULA (1988), pour les Pyrénées :

$$\Delta I = 3 \log_{10} \left( \frac{R}{h} \right) + 1,3.10^{-3} (R-h)$$

## 5. CONCLUSION

Au cours de cette recherche, une synthèse sismotectonique a été effectuée en vue d'établir un zonage sismotectonique devant permettre par la suite la détermination de l'aléa sismique régional, pour les sites industriels à risque spécial du sud-ouest de la France.

Ce zonage, correspondant à une individualisation d'unités sismotectoniques, est accompagné de la définition des principales caractéristiques des séismes choisis comme référence pour la détermination des Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (S.M.H.V.), selon la démarche déterministe d'évaluation de l'aléa régional, inspirée de la Règle Fondamentale de Sécurité RFS-I2c et reprise dans la législation concernant les installations industrielles à risque spécial.

Cette synthèse sismotectonique a porté sur les données les plus récentes qui ont été compilées et analysées au cours de la première partie de la recherche effectuée en 1993. Ces données concernent :

- la structure de la croûte,
- la structure du socle et celle de la couverture sédimentaire,
- la structure de la chaîne plissée des Pyrénées,
- la néotectonique,
- la sismicité historique et instrumentale,
- les mesures et autres données sur les contraintes.

La confrontation de ces données de base et leur interprétation en termes sismotectoniques a conduit à une sélection des données les plus sûres, aboutissant à la carte schématique sismotectonique à 1/1 000 000 présentée sur la planche I, hors texte. C'est un document volontairement interprétatif qui cherche à mettre en relief, en fonction des connaissances actuelles, les liens qui peuvent être envisagés entre l'activité sismique observée ou potentielle et les structures géologiques connues.

Cette synthèse a permis, par ailleurs, de proposer la définition, sur l'ensemble de la région étudiée, d'unités sismotectoniques sous forme de domaines sismotectoniques et de structures sismogènes (failles, systèmes de failles). Chaque fois que cela a été possible, on s'est efforcé, pour chacune d'elles, de préciser leur cinématique actuelle et de caractériser l'activité sismique qui leur est associée (importance des sources sismiques, profondeur, énergie). La planche II hors texte présente la répartition géographique de ces unités et des séismes de référence qui leur sont associés. Ces unités sismotectoniques, les séismes de référence et leurs principales caractéristiques sont résumées dans les tableaux 1 et 2.

Ces résultats pourront être utilisés pour le calcul des mouvements sismiques de référence applicables au dimensionnement des installations industrielles à risque spécial des Pyrénées, du Bassin aquitain et des régions voisines.

TABLEAU 2 - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES SEISMES DE REFERENCE			
SEISMES DE REFERENCE	INTENSITE EPICENTRALE I <sub>0</sub> (M.S.K.)	PROFONDEUR FOCALE h(km)	MAGNITUDE M
03/03/1373 Pyrénées Centrales	VIII-IX		
02/02/1428 Quéalps (Catalogne)	IX	8	5,8 ± 0,5
25:05:1448 NE de Barcelona	VIII		
01/03/1490 Monts d'Auvergne	+ VIII	9 ± 2	5,6 ± 0,2
21/06/1660 Campan, Bigorre	+ VIII	15 ± 5	5,7 ± 0,3
27/12/1755 Prades	+ VI	13 ± 6	4,6 ± 0,2
10/08/1759 Bordelais	+ VII	9 ± 3	5,1 ± 0,3
18/03/1817 SW de Pampelona	VIII-IX		
26/07/1882 Sud Vendée	VI	(10 ± 5)*	4,4 ± 0,2
29/11/1919 Pyrénées Centrales	+ VII	9 ± 3	5,1 ± 0,3
23/09/1922 St Paul de Fenouillet	VI-VII	(10 ± 3)*	4,6 ± 0,2
10/07/1923 Martes	+ VII-VIII	11 ± 6	5,4 ± 0,2
19/11/1923 Viella	VIII	8 ± 5	5,4 ± 0,2
16/05/1939 Causses	VI	(15 ± 10)*	4,5 ± 0,3
21/06/1950 Pyrénées Centrales (NW d'Andorre)	+ VI	(8 ± 6)*	4,6 ± 0,3
28/06/1950 Fabrezan (Aude)	+ VI	15 ± 5	4,7 ± 0,2
13/08/1967 Arette	VIII	5 ± 2	5,3 ± 0,2**
07/09/1972 Oléron	+ VII	9 ± 3	5,2 ± 0,1**
0,5/02/1981 Lacq	VI	5 ± 3	4,4 ± 0,3**
25/02/1984 W de St Jean Pied de Port	VI	9 ± 2	4,7**

\* Profondeurs calculées avec un nombre de couples (intensité observée, distance épacentrale) inférieure à 10.

\*\* Magnitudes issues des données instrumentales du CEA/LDG (NICOLAS et al., 1990)

NB : L'absence de résultats concernant la profondeur focale et la magnitude de certains séismes anciens, résulte du trop faible nombre de données historiques disponibles pour le calcul.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACHARD, GOULA (1988) - Contribution à un zonage sismotectonique de la France : calcul des caractéristiques sismiques nécessaires à une évaluation probabiliste de l'aléa sismique. Rap. CEA/IPSN, SASC/88-58, 90 p.

BLAKE A. (1941) - On the estimation of focal depth from macroseismic data. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 31, n° 3, p. 225-231.

BLES J.L., SAURET B., GODEFROY P., MARTIN C. (1992) - Contribution à l'étude des dangers d'installations industrielles à "risque spécial" de la région Rhône-Alpes : évaluation déterministe de l'aléa sismique. Rapport BRGM n° R33623.

BOIS C. (1993) - Orogenic belts and sedimentary basins : thoughts on crustal evolution suggested by deep seismic reflection images. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 164, n° 3, p. 327-342.

BORDONAU J., VILAPLANA J.M. (1986) - Géomorphologie et tectonique récente dans le Val d'Aran (zone axiale des Pyrénées centrales, Espagne). *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, vol. 27, fasc. 5, p. 303-310.

CABISSOLLE B. DE (1990) - Apport des données gravimétriques à la connaissance de la chaîne des Pyrénées le long du profil ECORS. *Doc. et Travaux C.G.G. Montpellier*, n° 25 et thèse USTL (1989).

CHOUKROUNE P., PINET B., ROURE F., CAZES M. (1990) - Major Hercynian thrusts along the ECORS Pyrenees and BISCAY lines. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), VI, n° 2, p. 313-320.

CORPEL J., DEBEGLIA N. (1989) - Réinterprétation de données géophysiques sur le territoire français. Rapport CEA/IPSN-BRGM, n° 88 DT 046 GPH.

DELOUIS B. (1988) - Essai de régionalisation du champ de contrainte en France à partir des mécanismes au foyer. D.E.A., Géophys. interne, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 101 p. et annexes.

DESEGAULX P., BRUNET M.F. (1990) - Tectonic subsidence of the Aquitaine basin since Cretaceous times. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), VI, n° 2, p. 295-306.

DESPEYROUX J., GODEFROY P. (1985) - Nouveau zonage sismique de la France en vue de l'application des règles parasismiques de construction et de la mise en oeuvre des plans d'exposition aux risques (PER). Rapport BRGM 85 SGN 508 GEG, oct. 1985.

DESPEYROUX J., GODEFROY P. (1986) - Nouveau zonage sismique de la France. La Documentation Française, Paris.

GAGNEPAIN-BEYNEIX J. (1987) - Etude expérimentale des tremblements de terre : exemple de la région d'Arette (France). Thèse, Univ. Paris VII.

GAGNEPAIN-BEYNEIX J., MODIANO T., CISTERNAS A., RUEG J.C., VADELL M., HATZFELD D., MEZCUA J. (1980) - Sismicité de la région d'Arette (Pyrénées-Atlantiques) et mécanismes au foyer. *Ann. Geophys.*, t. 36, fasc. 4, p. 499-508.

GAGNEPAIN-BEYNEIX J., HAESSLER H., MODIANO T. (1982) - The Pyrenean earthquake of February 29, 1980 : an example of complex faulting. *Tectonophysics*, 85, p. 273-290.

GALLART J., OLIVERA C., DAIGNIERES M., HIRN A. (1982) - Quelques données récentes sur la relation entre fractures crustales et séismes dans les Pyrénées orientales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XXIV, n° 2, p. 293-298.

GALLART J., DAIGNIERES M., GAGNEPAIN-BEYNEIX J., HIRN A. (1985a) - Relationship between deep structure and seismicity in the Western Pyrenees. *Ann. Geophys.*, 3, 2, p. 239-248.

GALLART J., DAIGNIERES M., GAGNEPAIN-BEYNEIX J., HIRN A., OLIVERA C. (1985b) - Seismostructural studies in the Pyrenees : evolution and recent results. *Pure Appl. Geophys.*, 122, p. 713-724.

GRELLET B., COMBES P., GRANIER T., PHILIP. H. (1993) - Sismotectonique de la France métropolitaine. *Mém. Soc. géol. Fr.*, N.S., n° 164, 2 vol.

KARNIK J. (1969) - Seismicity of the European area : t. 1, Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Holland.

LEFORT J.P., POULPIQUET J. DE (1990) - Corrélations entre les profils de sismique réflexion profonde ECORS-Gascogne et ECORS-Nord de la France au travers de la suture sud armoricaine. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), VI, n° 2, p. 321-330.

NICOLAS M., SANTOIRE J.P., DELPECH P.Y. (1990) - Intraplate seismicity : new seismotectonic data in Western Europe. *Tectonophysics*, 179, p. 27-53.

SEGURET M. (1972) - Etude tectonique des nappes et séries décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées. Thèse Univ. Montpellier.

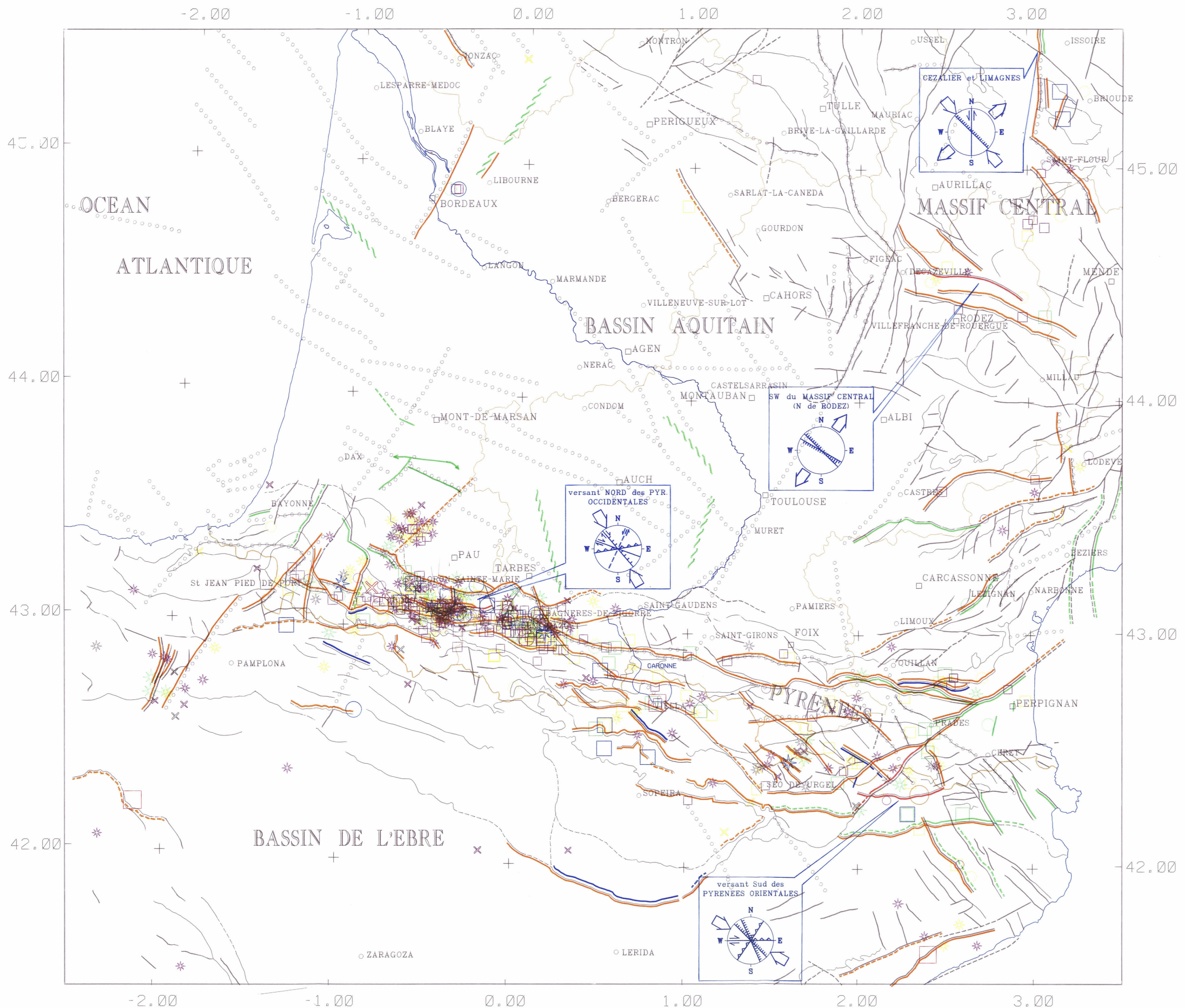
SHEBALIN N.V. (1957) - Sootnosheniye mezhdu nalnostyu i intensivnostyu zemletryaseniya v zavisimosti ot glybiny achaga. *Byuleten Soveta po Seysmologii*, n° 6, p. 122-126.

SHEBALIN N.V. (1959a) - Correlation between magnitude and intensity of earthquakes : astenospheres. *Publ. BCIS, Tr. Sc.*, A 20, p. 31-37.

SHEBALIN N.V. (1959b) - Opredeleniye glubiny ochaga po makroseismicheskim dannym s uchetom vliyaniya sloya ponizhennoy skorosti. *Trudy Inst. Fiziki Zemli, ANSSSR*, 5, (172), p. 100-113.

SPONHEUER W. (1960) - Methoden zur Herdtieffenbestimmung in der Makroseismik. *Freiberger Forschungshefte*, C 88, Akademische Verlag, Berlin, 177 p.

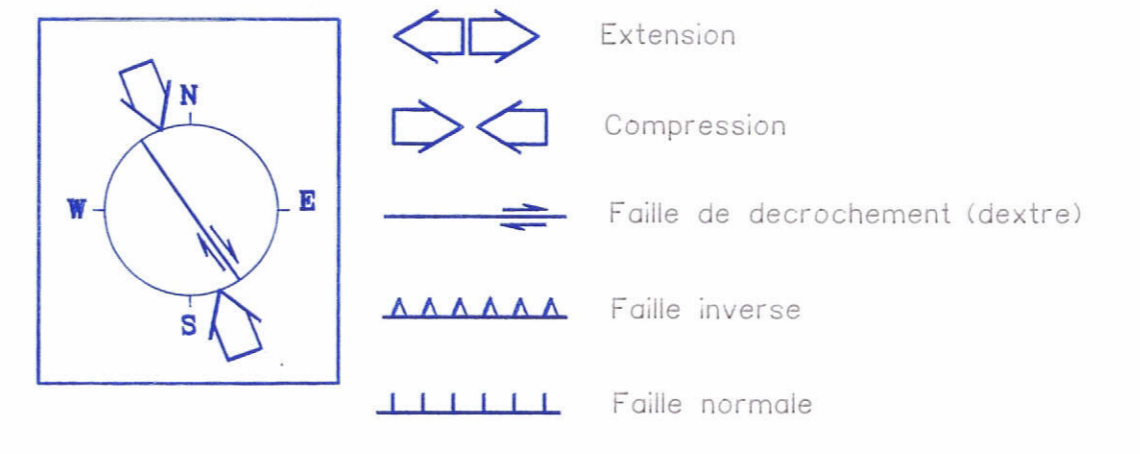
SOURIAU A., NJIKE -KASSALA J.D., MARTEL L., VADELL M. (1992) - Structure lithosphérique sous les Pyrénées. 14e R.A.S.T., Toulouse (1992), Soc. géol. Fr. (éd.), Paris.



### LEGENDE

- FAILLES**
- Axe de pliantinal ou de zone en elevation, plio-pleistocene
  - Flexure plio-pleistocene
  - (a) Failles principales reconnues en surface : a = pendage > 45°  
b = pendage < 45°
  - (b) Faille principale decelée en profondeur (par geophysique et/ou forages)
  - (a) (b) (1) Failles présentant des preuves (a) ou indices (b) de jeu neotectonique (faille active) : -1- jeu pleistocene sup. et/ou holocene  
(a) (b) (2) -2- jeu plio-quaternaire indifferencie
  - (a) (b) Faille active sismogene  
a = faille reconnue en surface  
b = faille reconnue en surface et/ou en profondeur
  - Faille active a sismicite associee possible
  - Faille active (jeu neotectonique) sans sismicite connue
  - Faille active a jeu neotectonique et sismogene
  - Faille active a jeu neotectonique et sismicite associee possible
- NB: la localisation des failles est donnee par leur trace en surface et/ou en profondeur.

### INTERPRETATION DU MECANISME DE DEFORMATION ACTUEL



D'après la carte tectonique de la France (Autran et al., 1980), la carte sismotectonique de la France (Vogt et al., 1981) et la compilation BRGM et GEOTER (pour la tectonique et la neotectonique -cf. rapport R36712-) et d'après le fichier SIRENE (BRGM, CEA, EDF) et le fichier CEA/LDG, pour les seismes historiques et les seismes instrumentaux.

### REPRESENTATION DES EPICENTRES MACROSISMISQUES

A, B, C, D	Qualité de la localisation :
	A : définition du barycentre de l'aire pléistocène : très fiable
	B : définition du barycentre de l'aire pléistocène : fiable
	C : définition du barycentre de l'aire pléistocène : assez fiable
	D : localisation relativement fiable mais données insuffisantes pour tracer des isoséistes

### REPRESENTATION DES EPICENTRES MICROSISMISQUES

Qualité de la localisation épicentrale		(1) Nombre de phases utilisées pour le calcul : N > 15
(1) Fiable	(2) Assez fiable	Surface de l'ellipse de confiance : S < 300 Km²
		Rapport du demi grand-axe au demi petit-axe de l'ellipse de confiance : R < 3
(2)		N < 15 ou 300 < S < 1500 Km² ou 3 < R < 6

### MAGNITUDE

- M = 3.5
  - 3.5 < M < 4.0
  - 4.0 < M < 4.5
  - 4.5 < M < 5.0
  - 5.0 < M < 5.5
  - 5.5 < M
- M = 0.5 T + 1.5  
avec T : taille du symbole en Km

### INTENSITES EPICENTRALES

- IV
- IV-V
- V
- V-VI
- VI
- VI-VII
- VII
- VII-VIII
- VIII
- VIII-IX
- supérieure ou égale à IX

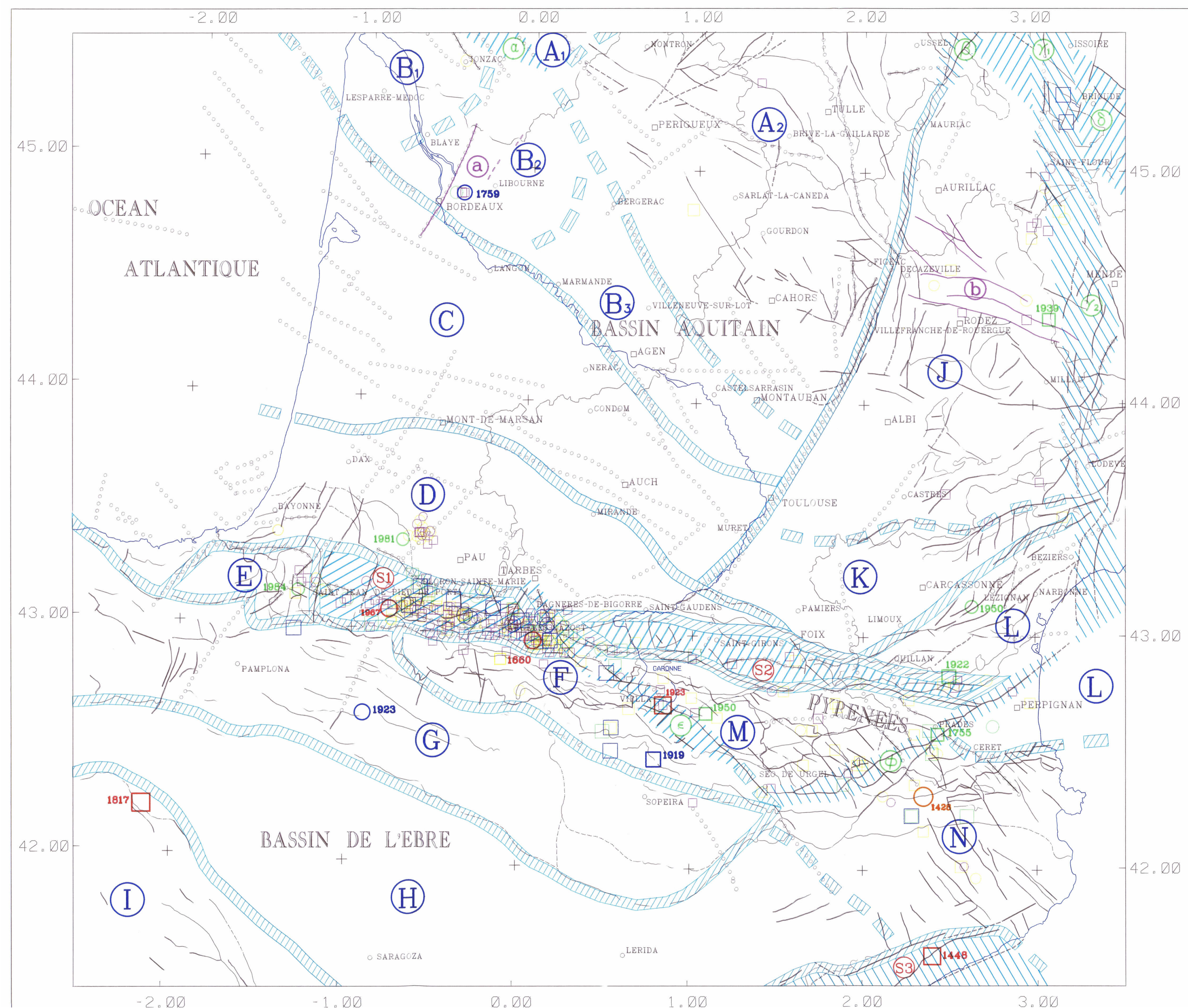
ECHELLE 0 50 100km

Ministere de l'Environnement  
Ministere de l'Industrie, des Postes et Telecommunications,  
et du Commerce Extérieur

SYNTHESE SISMOTECTONIQUE  
du SUD-OUEST de la FRANCE

CARTE DES STRUCTURES SISMOTECTONIQUES

Origine : SWSISMO.DGN	Identification du document : R37977
PLANCHE I	



**FAILLES**

(a) ——— Failles principales reconnues en surface : a = pendage > 45°  
 (b) - - - - - Failles principales décelées en profondeur (par géophysique et/ou forages)

○ □ Epicentre macrosismique fiable (cf. planches I et II de la 1ère partie de la recherche : rapport R36712)

N.B. Les dates reportées sont celles des séismes de référence.

**DOMAINES SISMOTECTONIQUES**

▨ Limite approximative entre domaines :

**A<sub>1</sub>** SUD ARMORIQUE (Vendée, Poitou, Charentes)  
**A<sub>2</sub>** OUEST DU MASSIF CENTRAL  
**B** BASSIN AQUITAIN SEPTENTRIONAL :  
**B<sub>1</sub>** GIRONDE et MEDOC  
**B<sub>2</sub>** BORDELAIS et ENTRE-DEUX-MERS  
**B<sub>3</sub>** AGENAIS  
**C** AQUITAINE MERIDIONALE et BASSIN DE PARENTIS  
**D** PLIS ET CHEVAUCEMENTS NORD-PYRENEENS  
**E** MASSIFS CRISTALLINS BASQUES  
**F** ZONE AXIALE PYRENEENNE OCCIDENTALE  
**G** UNITES CHEVAUCHANTES SUD-PYRENEENNES  
**H** BASSIN DE L'EBRE  
**I** CHAINE IBERIQUE  
**J** SUD OUEST DU MASSIF CENTRAL  
**K** LAURAGAIS et MONTAGNE NOIRE  
**L** LANGUEDOC MEDITERRANEEN OCCIDENTAL et ROUSSILLON  
**M** ZONE AXIALE PYRENEENNE CENTRORIENTALE  
**N** MASSIF CATALAN et AMPURDAN

**SYSTEMES DE STRUCTURES SISMOGENES**

▨ ou ▨

**S1** Failles NORD-PYRENEENNES OCCIDENTALES  
**S2** Failles NORD-PYRENEENNES ORIENTALES et massifs cristallins NORD-PYRENEENS  
**S3** Failles NE-SW de la chaîne CATALANE

**STRUCTURES SISMOGENES LIMITANT LES DOMAINES SISMOTECTONIQUES**

**α** Suture FLD-ARMORICANE et graben de TAINTES-COGNAC  
**β** Faille NE-SW de St SAUVE  
**γ<sub>1</sub>** Failles N-S des MONTS D'AUVERGNE  
**γ<sub>2</sub>** Failles N-S de la MARGERIDE au LANGUEDOC  
**δ** Failles NW-SE du CEZALLIER et du VELAY  
**ε** Failles NW-SE de BIGORRE et de la MALAETTA  
**φ** Failles NE-SW et E-W de la TET et de CERDAGNE

**AUTRES STRUCTURES SISMOGENES** (a l'intérieur des domaines ou les traversant)

**a** Failles NE-SW du BORDELAIS et de L'ENTRE-DEUX-MERS  
**b** Failles WNW-ESE du "DETROIT" de RODEZ



Ministère de l'Environnement  
 Ministère de l'Industrie, des Postes et Télécommunications, et du Commerce Extérieur

SYNTHESE SISMOTECTONIQUE  
 du SUD-OUEST de la FRANCE

**CARTE DES UNITES SISMOTECTONIQUES**

Origine : SWUNIT.DGN	Identification du document : R37977
PLANCHE II	