

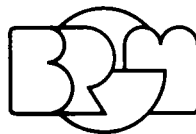
BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

SISMICITE DU CEZALLIER ET DES REGIONS LIMITROPHES

par

P. GODEFROY et J. LAMBERT



DEPARTEMENT GENIE GEOLOGIQUE

ATELIER RISQUE ET GENIE SISMQUES

Domaine de Luminy - R^{te} Léon Lachamp, 13009 Marseille
Tél.: (91) 41.24.46 Telex: BRGM 401585 F

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 289 GEG

Octobre 1984

SISMICITE DU CEZALLIER
ET DES REGIONS LIMITROPHES

par

P. GODEFROY et J. LAMBERT

84 SGN 289 GEG

Marseille, Octobre 1984

R E S U M E

Cette étude sommaire, effectuée dans le cadre du programme "Géologie profonde de la France", s'appuie sur un ensemble de documents élaborés au BRGM pour le projet sismotectonique. Elle a pour objet de dresser un inventaire de la sismicité du Cézallier et des régions limitrophes et de tenter d'en tirer quelques informations sur les structures tectoniques et les déformations actuelles.

Il apparaît ainsi :

** que le Cézallier ne connaît pas d'activité sismique propre mais se situe dans le prolongement de directions tectoniques marquées par une activité non négligeable : sub-méridienne et NW-SE, et est limité au SE par un axe sismique NE-SW ;*

** que les caractéristiques du champ de contrainte régional sont propices à une réouverture en tension des fractures sub-méridiennes ;*

** qu'il existe plusieurs indices d'un bombement général du socle du Massif central, marqué à l'Est du Sillon Houiller, vraisemblablement associé à une structure lithosphérique très perturbée.*

Il faut, à cet égard, distinguer deux niveaux de déformations actuelles :

** profondes, probablement liées à ces anomalies de la structure lithosphérique et associées à des foyers sismiques dans la croûte inférieure,*

** plus superficielles, qui peuvent être la conséquence des premières, associées à une sismicité propre.*

TABLE DES MATIERES

RESUME

1. INTRODUCTION		page 1
2. SISMICITE DU CEZALLIER ET DES REGIONS PERIPHERIQUES :		3
REPARTITION DES EPICENTRES ET PRINCIPALES ZONES SISMQUES		
2.1 - Données de sismicité historique		3
2.2 - Données de sismicité instrumentale		7
3. CONFRONTATION AU CONTEXTE TECTONIQUE :		25
INTERPRETATION SISMOTECTONIQUE SOMMAIRE		
4. CONCLUSIONS		37
Références bibliographiques		39

LISTE DES FIGURES

1. Carte de sismicité historique du Cézallier et des régions limitrophes, (hors texte).
2. Carte de sismicité instrumentale du Cézallier et des régions limitrophes d'après les données L.D.G., (hors texte).
3. Confrontation de la sismicité du Cézallier et des régions limitrophes aux principaux accidents tectoniques, (hors texte).
4. Confrontation des solutions focales obtenues dans le Massif Armoricain, le NW du Massif Central et ses abords avec les données géologiques et géophysiques.
5. Détermination de l'orientation moyenne des contraintes principales maximale et minimale, à partir des solutions focales obtenues dans le Massif Central (d'après P. GODEFROY, 1980, (7, 8)).
6. Principaux types de lois de vitesse rencontrées en France et modèles moyens de structure crustale correspondants (d'après P. GODEFROY et al, 1980 (10)).
7. Coupe transversale de la lithosphère supérieure à la latitude de Clermont-Ferrand (d'après PERRIER et al, 1973, (12)).
8. Carte des isobathes du Moho sous le Massif Central français (d'après P. GODEFROY et al, 1980 (10)).
9. Coupe E.W simplifiée de la structure crustale à la latitude de Clermont-Ferrand (d'après A. HIRN et al, 1974 (15)).
10. Epaisseur de la croûte consolidée sous la moitié sud-est de la France (d'après HIRN, 1980, (16)).

.../...

LISTE DES TABLEAUX

1. Sismicité historique du Cézallier - Liste des épicentres par ordre décroissant des intensités épicentrales.
- 2A. Sismicité instrumentale pour la période 1962-1976, d'après les données du Laboratoire de détection et de géophysique du C.E.A.
- 2B. Sismicité instrumentale pour la période 1977-1984, d'après les bulletins hebdomadaires du Laboratoire de détection et de géophysique.

INTRODUCTION

Cette étude sommaire est effectuée dans le cadre du programme "Géologie profonde de la France" qui prévoit l'implantation d'un forage dans la région du Cézallier. Elle a pour objet de dresser un inventaire de la sismicité connue dans ce secteur et les régions limitrophes et de tenter d'en tirer quelques informations sur les structures tectoniques actives et les déformations actuelles.

Elle a été menée sans entreprendre de recherches nouvelles sur la sismicité des régions concernées et s'appuie sur un ensemble de documents élaborés au B.R.G.M. dans le cadre du projet sismotectonique de la France (en particulier : fichier informatisé de sismicité historique de la France "SIRENE", carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 et différentes cartes analytiques) ainsi que sur diverses publications.

Les séismes sont une des manifestations les plus évidentes de l'activité tectonique actuelle d'une région. L'étude de la sismicité contribue dans les cas favorables :

- à identifier les structures tectoniques actives,
- à préciser la typologie des déformations tectoniques actuelles,
- à déterminer enfin les caractéristiques du champ de contraintes, responsable de ces déformations.

Dans les régions de sismicité modérée cependant, les séismes ne s'accompagnent qu'exceptionnellement de déformations tectoniques observables en surface du sol. Celles-ci n'apparaissent généralement que pour des séismes de magnitude supérieure à 5.0, voire 6.0 (1).

Dans ce cas, il reste néanmoins possible de rechercher des corrélations entre la répartition des foyers sismiques connus et les accidents tectoniques. Ces corrélations sont d'autant plus fiables que la localisation des foyers est précise. Par ailleurs, le calcul du mécanisme au foyer des séismes permet, d'une part de déterminer la direction du plan de faille ayant joué lors

du séisme et de préciser le type de mouvement associé, d'autre part de définir l'orientation des contraintes principales maximale et minimale.

La présente étude s'attachera surtout à l'identification des zones sismiques mises en évidence par les données de sismicité historique et instrumentale et à la définition des traits sismotectoniques majeurs de la région, après confrontation au cadre structural.

SISMICITÉ DU CÉZALLIER ET DES RÉGIONS PÉRIPHÉRIQUES :
REPARTITION DES ÉPICENTRES ET PRINCIPALES ZONES SISMQUES

2.1 - DONNÉES DE SISMICITÉ HISTORIQUE

Les données utilisées, extraites du fichier de sismicité historique de la France (2), ont permis d'établir une carte d'épicentres débordant largement la région étudiée (fig. 1), en englobant :

- vers le Nord, les Monts d'Auvergne,
- vers l'Est, la partie méridionale des Monts du Forez, le Livradois, le Devès et la Margeride,
- vers le Sud, le Cantal et l'Aubrac,
- vers l'Ouest, la partie orientale du plateau de Millevaches.

La liste des épicentres correspondants est donnée sur le tableau 1, où sont précisés :

- le numéro d'identification du séisme dans le fichier SIRENE,
- la date du séisme,
- les coordonnées de l'épicentre avec un code exprimant la fiabilité de la localisation,
- l'intensité épicentrale.

Ces données, couvrant en gros une période de cinq siècles, permettent de constater qu'*aucun épicentre de séisme historique ne se situe dans les Monts du Céallier.*

Cependant, aux environs immédiats, il est possible de distinguer plusieurs zones sismiques, définies par des groupements d'épicentres.

a) Au Nord

* *La bordure occidentale de la plaine de Limagne, entre Clermont-Ferrand et Riom* : elle est le siège d'une activité qui s'illustra surtout par les deux plus forts séismes de l'histoire d'Auvergne survenus les 6.8.1477 et 1.3.1490.

D'intensité épacentrale respectivement VII-VIII et VIII, ils causèrent de graves dommages notamment à Riom, Clermont-Ferrand et Orcival.

Bien que leur extension reste mal connue, leur localisation peut cependant être considérée comme relativement fiable.

Dans le même secteur, sont signalés plusieurs autres événements :

- en 1450 (ou 1452) un séisme mal connu au voisinage de Riom atteint l'intensité VII,
- en 1752 et 1765, deux séismes sont signalés respectivement à Clermont-Ferrand et Riom avec des intensités voisines de VI, mais ces événements sont mal connus et leur épacentre peu fiable,
- en 1935, se manifeste un petit séisme d'intensité V bien localisé au N.W de Clermont-Ferrand.

Ainsi apparaît dans les parages de Riom-Clermont-Ferrand, une concentration d'épicentres orientée grossièrement N.S à N.NE-S.SW, le long du système de failles limitant à l'Ouest le fossé d'effondrement de la Limagne.

* *Les Monts Dore et du Sancy, au S.SE de Clermont-Ferrand*, caractérisés par des essaims de secousses modérées : essaim de 1843-1844 aux environs du lac Chambon, essaim de 1863 au Mont-Dore et plus récemment de mars-avril 1980. Ces séismes, comme ceux de 1921 et 1965, ne dépassent pas l'intensité V à l'épicentre.

b) A l'Est

Une aire comprenant la vallée de l'Allier entre Issoire et Brioude ainsi que la partie occidentale des Monts du Livradois.

L'activité, plus diffuse, s'illustre essentiellement par les crises de 1833 et 1892.

** Vallée de l'Allier*

En octobre 1833 survient une crise complexe dont l'originalité est marquée par deux chocs principaux qui surviennent à quelque distance.

Ainsi le 9.10.1833, un épicentre de bonne fiabilité et d'intensité VI peut-il être localisé à proximité d'Issoire.

Peu de temps après, le 18.10.1833, un second séisme d'intensité VII se produit aux environs de Massiac et de Saint-Germain-Lembron, ce qui laisse suggérer la possibilité d'un épicentre dans la vallée de l'Alagnon, affluent de l'Allier.

Signalons aussi le séisme du 13.1.1639, mal connu, qui pourrait se situer dans les parages de la secousse du 18.10.1833, soit dans les environs d'Ardes-Blesle, ainsi que la secousse mal identifiée de 1806 décrite dans le même secteur.

L'épicentre du séisme du 3.10.1920 d'intensité épicentrale V est quant à lui bien localisé, quelques kilomètres au Nord de Brioude.

** Les Monts du Livradois*

C'est dans leur partie occidentale que survient la crise majeure de 1892 dont le scénario rappelle celui de la crise de 1833, avec deux chocs principaux à quelque distance. La secousse du 26.8.1892 (10h 15) est surtout caractérisée par une aire pléistoséiste d'intensité VII très étendue, ce qui suggère un foyer relativement profond. L'épicentre peut être considéré comme assez précis.

Dans le même secteur, les séismes des 1.3.1881 et 20.1.1911 sont mal connus et leur épicentre de fiabilité incertaine.

c) Au Sud

Deux zones peuvent être distinguées :

** Les environs de Saint-Flour*, à l'extrémité orientale des Planèzes, où se produit l'autre choc de la série de 1892 qui, le même jour 26.8.1892 (4h 30), provoque quelques dégâts aux environs de Massiac, Saint-Mary-le-Plain et Saint-Flour.

Une fois de plus un épïcentre dans la vallée de l'Alagnon est envisagé avec une intensité VII.

D'autres secousses plus faibles sont enregistrées, notamment de janvier 1963 à août 1963 au voisinage du barrage de Grandval, sur la Truyère ; il pourrait s'agir de séismes induits par le remplissage du réservoir.

Les 29.9.1963 et 5.9.1964, deux séismes mineurs surviennent aux environs immédiats de Saint-Flour.

* *L'Aubrac septentrional*, entre Chaudes-Aigues et Saint-Chely-d'Apcher, connaît aussi une activité non négligeable.

Le tremblement de terre du 8.2.1808 dont l'épïcentre est défini arbitrairement, est caractérisé par une aire macrosismique très étendue englobant tous les départements du Sud du Massif Central depuis le Gard jusqu'à la Corrèze et du Tarn à la Loire. Un épïcentre d'une intensité supérieure à VII est envisageable.

Le séisme du 23.03.1889 est quant à lui bien localisé avec un épïcentre d'intensité VI. Une série de précurseurs et répliques ont été figurés mais leur localisation est imprécise ; même chose pour le séisme du 19.01.1933 d'intensité épïcentrale V.

Enfin pour mémoire, sont mentionnés deux séismes mal connus en 1772 et 1868, localisés aux environs du Puy, dont le plus ancien atteint l'intensité VI.

En conclusion, si les données de sismicité historique ne font apparaître a priori aucun épïcentre dans le Cézallier même*, cette région est bordée par plusieurs zones d'activité non négligeable : au Nord-Nord-Ouest, les Monts Dore et du Sancy et plus généralement les Monts d'Auvergne, au Sud-Ouest, la vallée de l'Alagnon. Les épïcentres connus définissent des groupements assez bien individualisés, relativement circonscrits et qui ne permettent pas facilement d'identifier de grands axes sismiques.

* Il faut souligner que la très faible densité de population de ce secteur peut être en partie responsable des lacunes de données historiques.

On notera cependant une tendance à des alignements N.S à N.NE-S.SW : dans les Monts d'Auvergne et de la Limagne à l'Aubrac (Clermont-Ferrand, Issoire, Est du Cézallier (Blesle, Massiac), Saint Flour, région de Chaudes-Aigues et Saint Chely-d'Apcher). L'existence de secousses très proches dans le temps, se répartissant selon cet axe (par exemple octobre 1833) pourrait en confirmer la réalité.

De même, un alignement NE-SW depuis la vallée de la Dore (Courpière) à celle de l'Alagnon (région de Brioude-Massiac) puis celle de Saint Flour, semble se dessiner. Là encore, l'occurrence des secousses notables du 26.08.1892 selon cet axe est à relever.

Il reste maintenant à confronter cette première image à celle fournie par les données instrumentales enregistrées au cours des vingt dernières années.

2.2 - DONNEES DE SISMICITE INSTRUMENTALE

Les données utilisées sont celles recueillies par le laboratoire de détection et de géophysique du C.E.A. Elles sont extraites du fichier régionalisé établi pour la période 1962-1976 et ont été complétées par les informations fournies par les bulletins hebdomadaires de sismicité proche pour la période 1977-1984.

Pour la période 1962-1976, une sélection de séismes de magnitude supérieure ou égale à 2.0 a été effectuée en fonction de l'incertitude dont est entachée la localisation des épicentres (fig. 2) :

- les séismes trop mal localisés ont été éliminés (surface de l'ellipse de confiance supérieure à $3\ 000\text{ km}^2$, soit une erreur de localisation en gros supérieure à 25-30 km, rapport grand-axe à petit-axe de l'ellipse de confiance supérieur à 6),

- pour les séismes retenus, un figuré différent est utilisé selon que la localisation est précise ou non (surface de l'ellipse de confiance inférieure ou égale à 300 km^2 , soit une erreur de localisation en gros inférieure à 10 km, rapport grand-axe à petit-axe de l'ellipse de confiance inférieur à 3, nombre de stations utilisées pour la détermination supérieure à 10).

La liste des séismes correspondants est donnée sur le tableau 2A.

Pour la période 1977-1984, les bulletins hebdomadaires ne fournissent pas de renseignements sur la précision des localisations. Les séismes de magnitude supérieure ou égale à 2.0 retenus (tableau 2B) sont représentés avec un figuré propre sur la carte (fig. 2).

Les stations d'enregistrement du L.D.G., nombreuses dans le Massif Central sont surtout implantées dans sa partie nord-occidentale (nord du 46ème parallèle). Aussi si la précision de localisation peut atteindre un à quelques km pour les séismes les plus septentrionaux de la région considérée, l'erreur peut devenir beaucoup plus importante (de l'ordre de 10 km) pour ceux des parties sud et sud-orientale (3). En particulier, pour les profondeurs des foyers sismiques, compte-tenu des méthodes de calcul adoptées, ne peuvent être retenus que des ordres de grandeur.

La répartition des épicentres instrumentaux rappelle plusieurs traits déjà signalés pour les données historiques :

- * L'absence d'épicentre au coeur du Cézallier est confirmée ; par contre, des zones sismiques se dessinent en limites septentrionale et orientale,

- * L'axe sismique nord-sud jalonnant les Monts d'Auvergne se dessine encore plus nettement ; il est caractérisé par plusieurs essaims de secousses (jusqu'à 60-80 secousses en quelques jours), notamment dans le Sancy, à l'aplomb de la caldeira du Mont Dore et légèrement plus au Nord, enfin dans la région de Saint-Georges-de-Mons et Saint-Gervais-d'Auvergne. Les profondeurs des secousses sont variables : 5 à 20 km (mars-avril 1980), 5 à 15 km (janvier 1983), 5 km (avril 1984). Les magnitudes restent généralement faibles : un maximum de 3.2 est enregistré en avril 1980. La précision des localisations fournies par le bulletin du L.D.G. (exprimée en dixième de degré) et l'erreur probable sur ces déterminations ne permettent pas une discussion fine de la position des foyers par rapport aux principales structures des appareils volcaniques.

- * De même, une bande d'épicentres s'étendant du Nord au Sud de la Limagne à l'Aubrac est encore notée,

- * Enfin, la direction NE-SW (Ambert, Brioude, Saint-Flour) avec un prolongement possible jusque dans la région de Decazeville est confirmée.

S'y ajoute une nouvelle direction, peu évidente sur la carte de sismicité historique, que traduit un axe NW-SE le long de la vallée de l'Allier qui, par le Cézallier, rejoindrait la zone du Mont-Dore et du Sancy.

D'autres zones sismiques apparaissent enfin :

- * dans la partie méridionale du Forez, le long de la vallée de la Dore et dans le bassin d'Ambert,

- * au Sud-Ouest du Cantal.

Sur l'ensemble des secousses retenues (181 sans individualiser chaque secousse d'essaim), 64% ont une profondeur indéterminée.

Pour les autres, 58% ont un foyer superficiel (0 à 5 km), 14% un foyer entre 5 et 10 km, 5% entre 10 et 15 km et 23% un foyer plus profond que 15 km. Ce qui fait apparaître une proportion anormalement élevée de foyers assez profonds à profonds (notamment dans la croûte inférieure) par rapport aux autres régions de France. La répartition de ces foyers profonds n'est pas aléatoire. Ils se situent dans leur très grande majorité (à 3 ou 4 exceptions près) sous les Monts d'Auvergne : Sancy, Mont-Dore et Chaîne des Puys, soit à l'aplomb des édifices volcaniques les plus récemment actifs (4).

Tableau 1

SISMICITE HISTORIQUE DU CEZALLIER

Liste des épicentres par ordre décroissant
des intensités épicentrales

* LOCALISATION DE L'EPICENTRE

- A à E : fiabilité de la localisation selon le fichier BRGM
- A, B, C : épicentre déterminé d'après une carte macrosismique avec des isoséistes plus ou moins bien définis.
- A : aire pléistoséiste bien circonscrite ; localisation très fiable.
- B : aire pléistoséiste moyennement circonscrite ; localisation fiable.
- C : aire pléistoséiste non totalement circonscrite : localisation assez fiable.
- D, E : épicentre déterminé sans pouvoir tracer d'isoséiste (données ponctuelles en nombre insuffisant).
- D : localisation présumée (assez fiable).
- E : localisation arbitraire (peu fiable).
- I : information isolée.

* INTENSITE EPICENTRALE

- A à C : fiabilité de l'estimation.
- A : très fiable.
- B : fiable.
- C : peu fiable, à préciser.

N° D'IDENTIFICATION DANS LE FICHIER SIRENE	DATE	COORDONNEES EPICENTRALES			INTENSITE EPICENTRALE	
		Code	Latitude	Longitude	Code	M.S.K.
063 005	01.03.1490	C	3 06' E	45 50' N	A	VIII
063 002	06.08.1477	C	2 59' E	45 47' N	B	VII-VIII
063 078	1450	D	3 07' E	45 53' N	C	VII
043 012	08.02.1808	D	3 10' E	44 50' N	Indéterminée ($\geq$ V-VI)	
063 028	18.10.1833	D	3 12' E	45 20' N	B	VII
003 008	26.08.1892	C	3 11' E	45 13' N	A	VII
003 010	26.08.1892	B	3 30' E	45 41' N	A	VII
043 010	24.06.1772	D	3 53' E	45 02' N	C	VI
063 024	09 10.1833	C	3 11' E	45 35' N	B	VI
048 003	23.03.1889	B	3 12' E	44 48' N	B	VI
063 011	06.09.1752	D	3 05' E	45 47' N	B	V-VI
063 013	14.07.1765	D	3 07' E	45 53' N	B	V-VI
063 008	13.01.1639	E	3 08' E	45 22' N	Indéterminée	
043 011	1806	D	3 09' E	45 22' N	Indéterminée	
063 039	03.01.1844	D	2 54' E	45 34' N	Indéterminée	
063 047	19.09.1863	D	2 19' E	45 34' N	C	V
043 014	05.08.1868	D	3 53' E	45 02' N	A	V
063 049	01.03.1881	D	3 27' E	45 36' N	Indéterminée	
048 001	04.03.1889	D	3 02' E	44 47' N	D	V
048 005	28.03.1889	D	3 00' E	44 43' N	C	V
063 053	20.01.1911	D	3 28' E	45 38' N	C	V
043 020	03.10.1920	A	3 21' E	45 20' N	A	V
063 065	24.05.1921	D	2 43' E	45 37' N	B	V
048 008	19.01.1933	C	3 04' E	44 48' N	A	V
048 009	29.01.1933	D	3 00' E	44 46' N	D	V
063 067	14.08.1935	A	3 10' E	45 46' N	A	V
063 070	23.06.1958	B	3 44' E	45 31' N	B	V
015 029	05.08.1963	B	3 04' E	44 54' N	A	V
015 032	29.09.1963	B	3 04' E	45 03' N	C	V
015 034	05.09.1964	D	3 04' E	45 03' N	C	V
063 072	04.04.1965	D	2 51' E	45 34' N	B	V
063 075	01.04.1980	B	2 50' E	45 36' N	B	IV-V

Tableau 2A

SISMICITE INSTRUMENTALE POUR LA PERIODE 1962-1976

d'après les données du Laboratoire de détection
et de géophysique du C.E.A.

(cf. fig. 2)

- * Liste des épicentres sélectionnés sur la zone : $44^{\circ} 30' N \longrightarrow 46^{\circ} N$
 $2^{\circ} E \longrightarrow 4^{\circ} E$
- * Séismes de magnitude supérieure ou égale à 2.0
- * Surface de l'ellipse de confiance inférieure ou égale à $3\,000\text{ km}^2$.
- * Rapport grand-axe/petit-axe de l'ellipse de confiance inférieur ou égal à 6.0.
- * Colonne 1 : date (jour, mois, année).
- * Colonne 2 : heure (heure, minutes, secondes).
- * Colonne 3 : coordonnées (latitude, longitude).
 - a) géographiques (degrés, centièmes),
 - b) Lambert unifié.
- * Colonne 4 : profondeur du foyer (en km).
- * Colonne 5 : magnitude
 - a) locale,
 - b) de durée.
- * Colonne 6 : numéro de la région.
- * Colonne 7 : nombre de stations utilisées pour la détermination du foyer.
- * Colonne 8 : surface de l'ellipse de confiance.
- * Colonne 9 : rapport grand-axe/petit-axe de l'ellipse de confiance.

LISTE DES SEISMES SELECTIONNES

DATE	HEURE	COORDONNEES		PROF	MAGNITUDE		REGION	NS	SURFACE	DAP							
		GEOGRAPHIQUES	LAMDEPT		LOC	DUR											
150172	11H23.1 1.4S	*	45.63 3.66	70.8	703.1 2	*	**	*	2.4 0.0	*	59	*	10	*	188.	*	2.
40472	17H18.124.1S	*	45.70 3.57	78.5	696.0 2	*	0	*	3.3 0.0	*	59	*	20	*	38.	*	1.
20772	7H 6H49.0S	*	45.32 3.10	35.7	659.4 3	*	**	*	2.8 0.0	*	59	*	14	*	132.	*	5.
510772	21H30.418.4S	*	45.64 2.88	71.2	642.3 2	*	**	*	2.7 0.0	*	59	*	16	*	50.	*	4.
290972	21H20M38.9S	*	45.61 3.17	68.1	664.3 2	*	**	*	2.4 0.0	*	59	*	14	*	44.	*	4.
220273	19H46.115.3S	*	45.97 3.15	108.1	663.0 2	*	0	*	2.8 0.0	*	59	*	11	*	38.	*	3.
240373	19H52M53.3S	*	45.06 3.77	7.5	712.8 3	*	**	*	2.7 0.0	*	59	*	11	*	188.	*	2.
201073	23H52.453.0S	*	45.74 2.86	82.3	640.6 2	*	**	*	2.8 0.0	*	59	*	20	*	31.	*	3.
70674	1H17.159.3S	*	45.09 3.12	10.2	661.6 3	*	**	*	2.9 0.0	*	59	*	12	*	94.	*	3.
60675	19H13.145.2S	*	45.93 2.74	103.4	631.2 2	*	**	*	2.1 0.0	*	59	*	7	*	75.	*	3.
130675	22H22.1 4.8S	*	45.14 3.21	15.8	668.6 3	*	**	*	2.7 0.0	*	59	*	7	*	57.	*	2.
101275	23H42.448.2S	*	45.35 2.75	105.6	632.0 2	*	**	*	2.2 0.0	*	59	*	14	*	0.	*	3.
50863	5H 3H51.0S	*	44.93 3.00	-7.7	652.3 3	*	0	*	3.3 0.0	*	68	*	19	*	264.	*	2.
240366	11H 0H10.6S	*	45.00 3.97	1.2	728.7 3	*	**	*	2.3 0.0	*	68	*	11	*	1413.	*	2.
280366	9H26.148.3S	*	45.00 3.26	0.3	672.7 3	*	0	*	3.5 0.0	*	68	*	30	*	47.	*	2.
230969	2H 6H40.5S	*	44.84 3.75	-16.9	711.7 3	*	**	*	2.2 0.0	*	68	*	5	*	25.	*	2.
230969	5H38.146.2S	*	44.84 3.77	-16.9	713.2 3	*	0	*	2.4 0.0	*	68	*	6	*	1356.	*	2.
70771	19H 1H26.0S	*	44.98 2.69	-2.3	627.8 3	*	**	*	3.0 2.7	*	68	*	6	*	2901.	*	2.
81072	10H24.4 1.1S	*	44.33 2.58	-1.2	619.1 3	*	**	*	2.5 0.0	*	68	*	12	*	424.	*	5.
200273	0H11.121.5S	*	44.38 3.06	-2.1	657.0 3	*	**	*	2.7 0.0	*	68	*	6	*	1059.	*	2.
170473	20H21.143.0S	*	44.90 2.55	-11.2	616.8 3	*	**	*	2.1 0.0	*	68	*	10	*	267.	*	3.
180474	2H24.135.0S	*	44.53 2.45	-52.3	608.9 3	*	0	*	4.0 3.9	*	68	*	48	*	78.	*	1.
60874	14H51.110.7S	*	44.51 3.21	-54.2	669.4 3	*	0	*	2.9 0.0	*	68	*	17	*	207.	*	2.
270974	23H 1H51.5S	*	44.94 2.56	-6.7	617.5 3	*	5	*	3.3 0.0	*	68	*	25	*	94.	*	1.
242174	11H14.117.7S	*	44.84 3.64	-17.1	703.0 3	*	0	*	3.3 0.0	*	68	*	22	*	75.	*	2.

NUMBER TOTAL DE SEISMES SELECTIONNES = 50

LISTE DES SEISMES SELECTIFINES

DATE	HEURE	COORDONNEES						PROF	MAGNITUDE			REGION	NS	SURFACE	RAP					
		GEOGRAPHIQUES		LAMBERT		LOC DIP														
290963	7H 8:14.3S	*	45.01	3.03	1.2	654.6	3	*	0	*	3.3	0.0	*	59	*	18	*	94.	*	1.
290963	7H 8:14.6S	*	45.03	3.17	3.6	665.6	3	*	0	*	3.3	3.7	*	59	*	14	*	310.	*	2.
250864	8H13:1 7.3S	*	45.60	3.45	67.2	686.8	2	*	30	*	0.0	3.6	*	59	*	15	*	820.	*	3.
50964	7H24:13.7S	*	45.20	3.36	22.6	681.9	3	*	20	*	3.1	0.0	*	59	*	13	*	471.	*	2.
40465	4H39:15.3S	*	45.65	2.85	72.3	639.9	2	*	0	*	3.0	3.3	*	59	*	47	*	63.	*	1.
210865	18H 1:05.4S	*	45.04	2.03	4.4	575.7	3	*	**	*	2.6	0.0	*	59	*	5	*	1055.	*	2.
220865	17H15:13.1S	*	45.10	2.32	11.0	598.6	3	*	**	*	2.7	0.0	*	59	*	8	*	848.	*	1.
290866	22H17:18.7S	*	45.93	2.78	103.4	634.3	2	*	**	*	2.8	0.0	*	59	*	7	*	528.	*	3.
141066	22H43:15.1S	*	45.62	3.53	69.6	607.7	2	*	**	*	2.2	0.0	*	59	*	8	*	628.	*	2.
80467	12H47:10.2S	*	45.96	2.30	106.8	643.6	2	*	0	*	3.4	0.0	*	59	*	34	*	132.	*	1.
40767	20H11:14.1S	*	46.00	2.88	111.2	642.0	2	*	**	*	2.4	0.0	*	59	*	6	*	16.	*	5.
221067	22H 1:21.4S	*	45.65	2.93	72.4	646.2	2	*	25	*	2.5	0.0	*	59	*	9	*	170.	*	2.
10269	16H22:12.0S	*	45.62	3.43	69.4	635.2	2	*	**	*	2.6	0.0	*	59	*	9	*	66.	*	2.
10669	21H28.1 5.2S	*	45.95	2.81	105.6	636.6	2	*	**	*	2.9	0.0	*	59	*	10	*	163.	*	3.
31069	2H39:15.7S	*	45.88	2.72	97.8	629.7	2	*	**	*	2.1	0.0	*	59	*	10	*	13.	*	4.
31069	2H41:14.3S	*	45.30	2.71	100.0	628.3	2	*	**	*	3.1	0.0	*	59	*	14	*	13.	*	4.
81169	1H 0:15.3S	*	45.96	2.76	106.7	632.7	2	*	**	*	3.0	2.0	*	59	*	8	*	13.	*	4.
240970	1H13:13.4S	*	45.67	3.58	75.2	636.8	2	*	**	*	2.8	0.0	*	59	*	10	*	113.	*	2.
300970	1H19:11.8S	*	45.67	3.66	75.3	703.0	2	*	0	*	2.4	0.0	*	59	*	5	*	6.	*	2.
241170	2H57:12.0S	*	45.06	3.17	6.3	665.6	3	*	0	*	3.2	0.0	*	59	*	16	*	188.	*	4.
200571	21H46:13.9S	*	45.15	3.30	17.0	675.7	3	*	5	*	3.2	0.0	*	59	*	21	*	132.	*	1.
240771	23H12:11.3S	*	45.75	3.11	83.6	660.1	2	*	0	*	2.3	0.0	*	59	*	9	*	352.	*	2.
60871	16H58:11.7S	*	45.15	2.42	16.6	606.5	3	*	0	*	2.9	0.0	*	59	*	12	*	816.	*	3.
51171	3H42:11.4S	*	45.63	3.59	70.7	697.7	2	*	0	*	3.3	0.0	*	59	*	21	*	85.	*	3.
51171	7H31:12.3S	*	45.62	3.63	69.7	700.8	2	*	10	*	3.4	0.0	*	59	*	21	*	9.	*	3.

Tableau 2B

SISMICITE INSTRUMENTALE POUR LA PERIODE 1977-1984
d'après les bulletins hebdomadaires du Laboratoire de détection
et de géophysique
(cf. figure 2)

* Epicentres de séismes de magnitude supérieure ou égale à 2.0 sélectionnés sur la zone :

44° 30' N —> 46° N
2° E —> 4° E

* Colonne 1 : date (jour, mois, année).

* Colonne 2 : heure origine T.U. (heure, minutes, secondes).

* Colonne 3 : coordonnées (latitude N, longitude E/W) en degrés et centièmes.

* Colonne 4 : profondeur du foyer (en km).

i : indéterminée.

* Colonne 5 : magnitude locale.

DATE	HEURE ORIGINE	LATITUDE (N)	LONGITUDE (E)	PROFONDEUR (km)	MAGNITUDE
18.03.1977	14 13 20.3	44.4	3.5	i	2.7
18.03.1977	15 18 43.7	45.5	3.1	i	2.6
05.05.1977	04 31 21.4	45.6	3.7	i	2.2
01.09.1977	23 46 12.6	45.0	3.4	i	2.9
02.10.1977	22 14 47.4	44.6	2.5	i	2.2
10.10.1977	16 10 19.7	44.8	3.9	i	2.5
27.04.1978	02 42 07.9	45.9	2.8	10	2.2
13.06.1978	15 16 24.9	45.9	2.9	i	2.6
16.06.1978	21 32 25.8	46.0	2.9	i	2.7
30.07.1978	06 20 14.3	46.0	2.7	10	2.5
30.07.1978	06 35 36.5	46.0	2.8	i	3.3
09.08.1978	21 05 00.3	45.9	3.1	i	2.3
30.08.1978	10 45 21.2	45.3	3.9	i	2.3
05.12.1978	19 45 11.2	45.1	3.4	i	2.3
08.02.1979	15 05 28.4	45.9	2.7	i	2.9
13.02.1979	13 09 24.8	45.6	2.8	i	2.7
05.03.1979	19 41 43.2	46.0	2.8	i	2.0
06.03.1979	17 01 41.4	45.4	2.6	i	2.5
08.03.1979	17 23 26.0	44.5	3.2	i	2.7
11.04.1979	17 19 39.9	45.6	3.2	i	2.1
11.04.1979	17 35 48.9	46.0	2.9	i	2.0
18.04.1979	17 00 41.6	44.6	3.0	i	2.8
31.05.1979	15 42 02.4	45.6	2.6	i	2.0
13.06.1979	11 42 51.6	45.6	3.6	i	2.4
24.06.1979	22 59 57.4	45.5	3.7	i	2.4
10.07.1979	20.08.45.1	45.0	3.3	5	2.9
11.07.1979	01 03 08.8	44.9	3.3	i	2.1
19.10.1979	19 39 35.1	46.0	2.8	i	2.3
13.11.1979	21 10 33.7	46.0	2.7	15	3.1
14.11.1979	03 30 08.3	46.0	2.7	10	2.2
02.12.1979	21 30 46.9	46.0	2.7	5	3.1
13.12.1979	16 14 09.1	45.1	2.2	i	2.7
19.12.1979	16 29 04.2	45.9	2.2	5	2.9
03.02.1980	19 09 06.0	45.1	2.9	i	2.7
25.02.1980	10 40 46.5	45.9	2.6	i	2.6
28.02.1980	08 05 41.8	46.0	2.7	20	2.5
13.03.1980	11 37 13.7	46.0	2.8	i	2.1
14.03.1980	18 57 53.7	45.6	2.9	i	2.1
16.03.1980	00 16 13.7	45.6	2.9	i	2.0
16.03.1980	03 15 57.0	45.6	2.8	10	2.2
16.03.1980	09 08 32.6	63	2.8	5	magnitude
à		45.6	à	à	maximale :
11.04.1980	17 52 11.7	secousses	2.9	25	3.2
06.05.1980	23 15 47.4	45.1	3.4	i	2.3
21.05.1980	18 36 31.3	45.8	2.9	25	2.0
03.06.1980	10 09 36.2	44.8	3.2	i	2.7
01.10.1980	02 16 46.7	45.1	3.2	i	2.4
20.10.1980	19 50 59.2	45.6	2.9	20	2.2
18.11.1980	19 59 07.6	45.9	2.9	i	2.3
02.12.1980	03 23 41.9	45.1	2.8	i	2.2
15.12.1980	19 39 17.3	45.8	3.0	i	2.4
08.01.1981	00 03 16.8	45.9	2.9	i	2.0
05.02.1981	02 19 06.2	45.0	3.3	i	2.2
18.02.1981	06 54 31.2	44.8	3.0	i	2.8

.../...

19.02.1981	18 27 39.4	44.8	3.0	i	2.1
27.02.1981	01 38 48.1	46.0	2.8	i	2.7
21.03.1981	17 55 21.0	45.8	3.8	i	2.1
23.03.1981	20 53 11.1	46.0	2.8	i	2.2
06.04.1981	09 32 28.0	45.3	3.6	i	2.4
11.04.1981	22 46 41.0	45.6	3.6	i	2.1
23.04.1981	03 21 56.5	45.6	3.6	i	2.6
05.08.1981	07 35 39.9	45.9	2.8	i	2.9
22.09.1981	12 54 53.4	45.3	3.2	25	2.2
24.10.1981	23 12 26.9	45.9	3.0	i	3.6
09.11.1981	18 27 32.9	45.6	3.6	i	2.2
18.11.1981	23 14 00.1	45.1	3.2	i	2.7
03.12.1981	14 46 38.5	44.9	3.1	i	3.0
20.02.1982	12 07 04.8	45.6	3.6	i	2.7
07.03.1982	16 44 46.7	46.0	2.8	i	2.5
13.03.1982	18 26 45.8	46.0	2.9	5	2.0
26.05.1982	03 59 16.1	45.6	3.6	i	2.5
17.07.1982	16 42 19.6	44.9	3.0	i	2.7
24.07.1982	13 52 30.4	45.8	4.0	i	2.1
23.08.1982	03 26 26.5	45.6	3.7	i	2.3
19.09.1982	16 14 26.2	45.6	3.7	i	2.0
23.09.1982	00 43 37.2	45.9	2.9	i	2.0
08.10.1982	05 57 04.3	12 45.5	3.7	5	magnitude maximale : 3.3
à					
08.10.1982	23 22 35.7	secousses			
13.10.1982	11 54 05.5	46.0	2.8	20	2.1
18.10.1982	13 14 49.3	45.9	3.0	25	2.2
23.10.1982	04 23 01.4	45.5	3.7	i	2.4
30.10.1982	16 31 51.3	6 45.6	2.7	i	magnitude maximale: 2.3
à					
31.10.1982	04 16 05.5	secousses	2.9		
10.11.1982	09 06 51.8	45.9	2.5	i	2.1
19.11.1982	11 27 27.7	45.9	2.8	5	2.1
26.11.1982	21 16 27.8	46.0	2.8	i	2.2
04.12.1982	14 52 47.5	45.7	2.9	25	2.2
20.12.1982	22 20 35.3	46.0	2.8	i	2.0
21.01.1983	09 07 12.9	7 45.6		5	magnitude maximale: 3.7
à					
21.01.1983	13 04 02.4	secousses	2.9	15	
30.03.1983	04 27 30.5	44.5	2.7	i	2.2
09.05.1983	03 21 02.4	45.1	2.9	i	2.9
10.05.1983	13 07 22.5	45.5	3.6	i	3.3
12.05.1983	02 58 37.0	45.5	3.6	i	2.5
14.05.1983	07 51 21.8	45.8	2.9	25	2.0
19.05.1983	09 50 16.7	45.8	3.0	i	2.0
19.05.1983	10 23 09.2	45.8	2.9	25	2.1
02.08.1983	18 11 29.3	45.7	3.9	i	2.0
08.09.1983	23 34 37.2	45.5	3.9	5	2.7
09.09.1983	18 24 58.8	45.9	3.0	i	2.2
03.10.1983	01 32 10.0	45.5	3.6	i	2.3
25.10.1983	19 32 23.6	45.6	2.8	5	2.0
29.12.1983	22 25 33.1	45.2	3.3	i	2.1
04.01.1984	03 44 18.4	45.6	3.6	i	2.0
10.01.1984	17 46 12.6	44.8	3.7	i	2.6
20.02.1984	03 55 38.9	45.9	2.8	0	2.0

... / ...

22.02.1984	14 48 33.8	45.4	3.6	5	3.4
01.03.1984	15 58 14.8	44.9	3.0	5	2.2
23.03.1984	15 13 56.2	45.6	2.9	5	2.5
24.03.1984	10 05 16.7	45.6	2.9	i	2.2
09.04.1984	13 13 38.4	9 46.0	2.7	15	magnitude
à				à	maximale :
09.04.1984	18 47 01.6	secousses		20	2.7
09.04.1984	19 45 19.7	36 45.5	2.8		magnitude
à		secousses	à	5	maximale :
12.04.1984	19 14 50.6	45.6	2.9		2.8
17.07.1984	07 37 10.3	45.1	3.2	0	2.8
11.08.1984	18 01 45.9	45.9	2.9	i	2.3
19.08.1984	20 54 23.7	45.0	3.2	i	2.4
23.08.1984	17 26 41.8	44.7	3.0	0	2.8
23.08.1984	17 31 59.2	44.6	3.0	i	2.3
27.08.1984	00 05 02.9	45.0	3.2	i	2.1

3

CONFRONTATION AU CONTEXTE TECTONIQUE ;

INTERPRETATION SISMOTECTONIQUE SOMMAIRE

Un schéma sismotectonique simplifié (fig. 3) a été préparé à 1/1 000 000 à partir des cartes tectonique et sismotectonique de la France (13, 14). Les principaux accidents structuraux y sont représentés.

La répartition des épicentres historiques et instrumentaux semble souligner l'activité de plusieurs d'entre-eux :

- Les failles délimitant à l'Ouest le fossé d'effondrement de la Limagne d'Allier pour lesquelles plusieurs auteurs signalent des indices de rejeu récent (5). Elles sont marquées en surface par des abrupts morphologiques très frais, de direction sub-méridienne. L'âge des rejeux est mal défini : plio-quaternaire à holocène. Certains auteurs montrent que ces rejeux peuvent parfois s'interpréter cependant sans mouvement tectonique récent (6), simplement par une mise à nu d'abrupts structuraux anciens grâce à une forte reprise de l'érosion.

- Le sillon houiller, notamment le long des rameaux occidental et oriental qui se séparent au Nord de Bort-les-Orgues. Les épicentres instrumentaux d'une série de secousses récentes (essaim de Saint-Gervais) sont corrélables avec le rameau occidental. Le mécanisme au foyer du séisme de Saint-Gervais-d'Auvergne (7) du 30.07.1978 (magnitude : 3.5) fournit un jeu décrochant sénestre selon cet accident (plan N 15°E subvertical). Sur le rameau oriental s'alignent des épicentres historiques et instrumentaux (en particulier ceux des forts séismes de 1477 et 1490*). Au Nord du schéma de la fig.3, le mécanisme au foyer du séisme de Saint-Pourcain-sur-Sioule du 11.02.1978 (magnitude 4.1), indique d'ailleurs un mouvement décrochant sénestre selon cette faille (7).

* Pour 1490 cependant, une rupture sur les failles de la Limagne est tout aussi plausible.

- Plusieurs failles majeures d'orientation NW-SE coïncident également avec des alignements sismiques mentionnés précédemment : au Sud de la vallée de l'Allier dans la partie orientale de la Margeride, avec une extension vers le NW jusqu'en limite du Cézallier ; la faille Saint-Flour - Saint-Chely-d'Apcher qui suit légèrement au Nord-Est le cours de la Truyère et celle de même orientation, en rive gauche de la Truyère.

Enfin, si aucun accident structural majeur corrélable avec la bande d'épicentres NE-SW à N.NE-S.SW, définie entre la vallée de la Dore, Saint-Flour et Decazeville, n'apparaît sur ces cartes, il est à noter qu'une discontinuité structurale majeure, reconnue par méthodes géophysiques, s'y superpose précisément.

Quant aux directions sub-méridiennes, hormis les failles occidentales de la Limagne dont il a déjà été question, on notera :

- l'existence de failles situées dans le prolongement de ces dernières, dans la partie orientale du Cézallier, et dont l'activité pourrait être soulignée par un alignement d'épicentres historiques et instrumentaux ; alignement qui se prolonge encore vers le Sud (cf. 2.1 et 2.2), à travers la Margeride et jusqu'à l'Aubrac alors qu'aucune faille de cette orientation n'est plus figurée sur les cartes,

- l'activité des failles de la partie orientale de la Limagne ("faille de l'Allier"), confirmée par le mécanisme au foyer du séisme du 30.03.1978 (7), à Varennes/Allier (magnitude : 3.3) qui indique encore un jeu décrochant sénestre (fig. 4) selon un plan N 20°E (7) ; le même type d'arguments géomorphologiques conduit à proposer d'ailleurs un rejeu récent de ces failles sub-méridiennes le long des vallées de l'Allier et de la Dore (région de Vichy, Thiers, Maringues) et plus à l'Est, dans la plaine du Forez (5),

- enfin, si aucune faille n'est figurée à l'aplomb de la chaîne des Puys et du Mont-Dore, l'alignement des points d'émission volcanique traduit l'existence de fractures sub-méridiennes qui ont guidé l'ascension des magmas ; ce sont ces fractures dont l'activité pourrait être indiquée par les nombreux essaims de secousses distribués du Mont-Dore au Nord de la chaîne des Puys.

Confrontation des solutions focales obtenues dans le Massif Armoricain, le NW du Massif Central et ses abords avec les données géologiques et géophysiques.

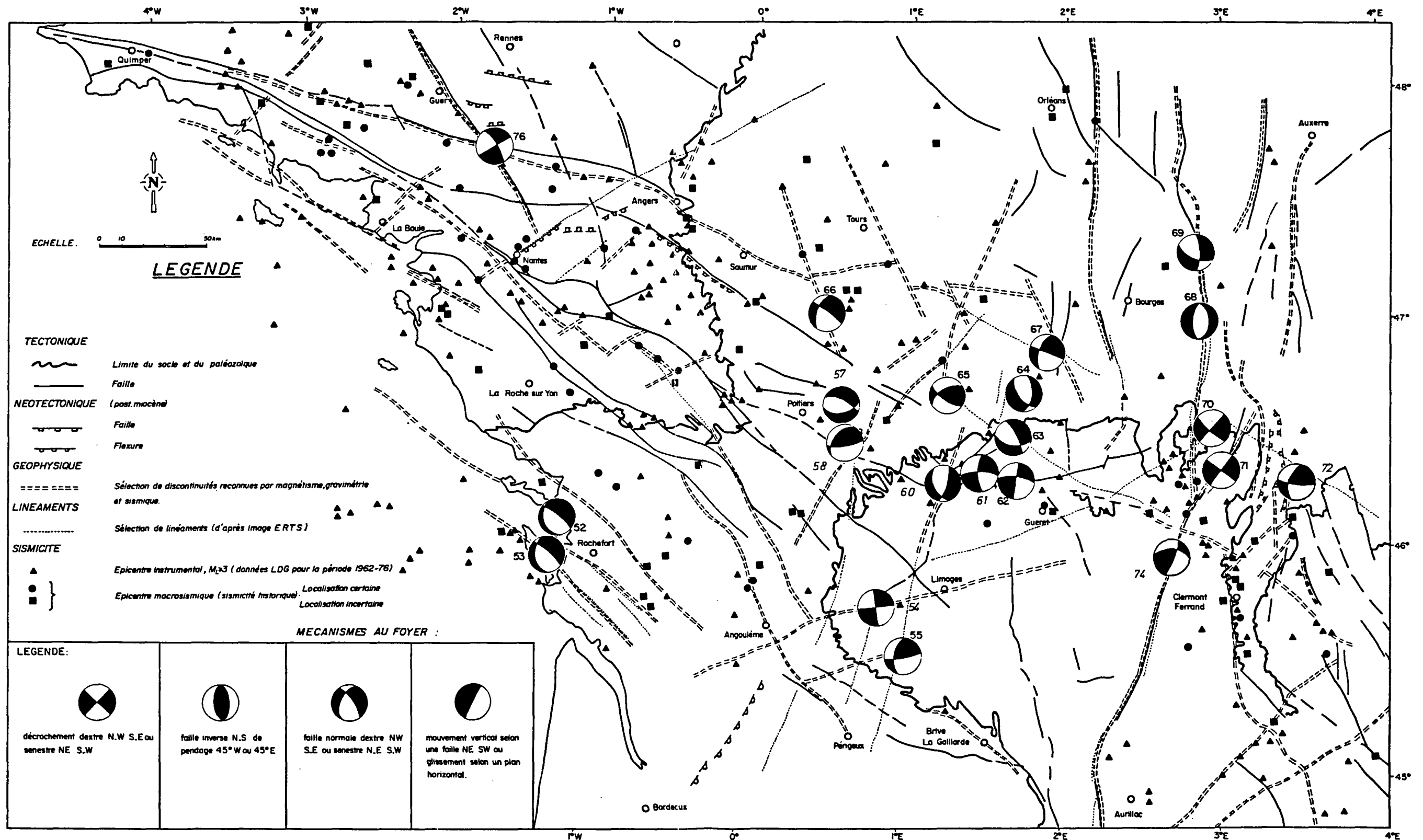


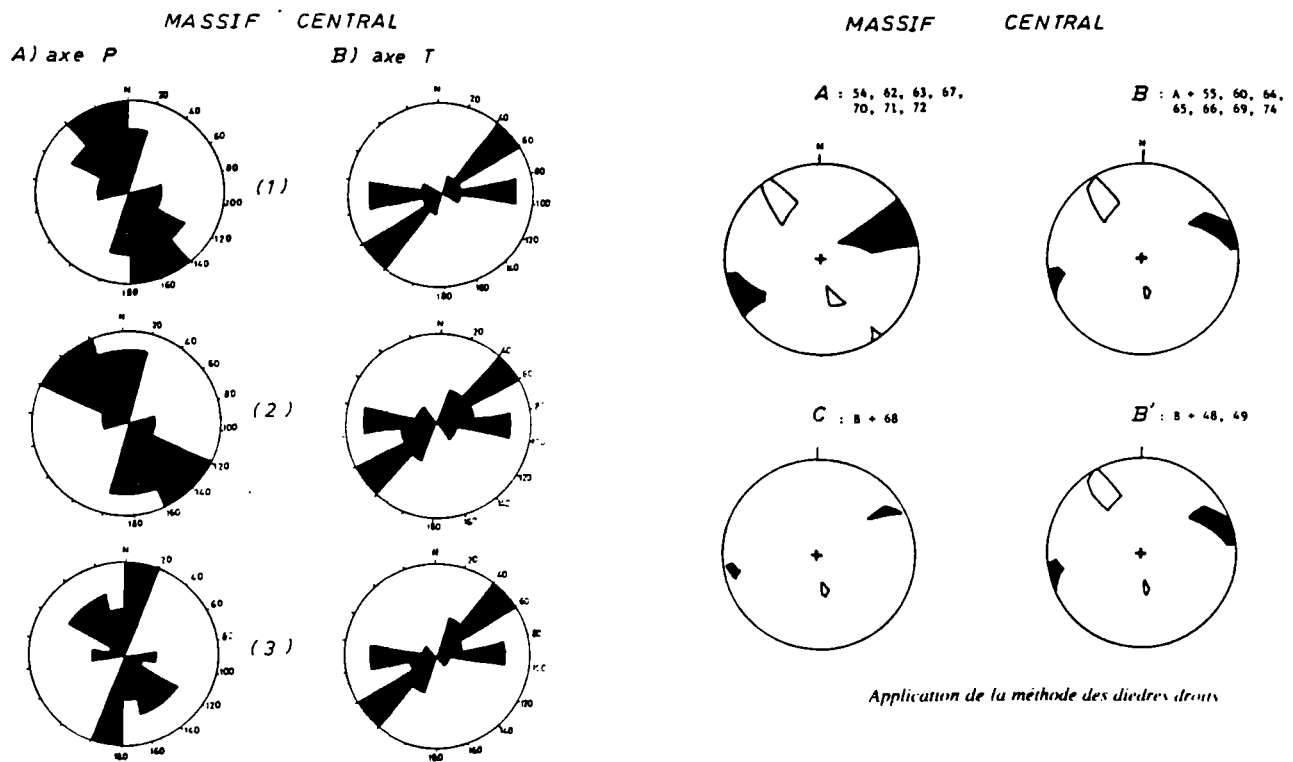
Fig. 4 - D'APRES P. GODEFROY, 1980 (7)

Par ailleurs, l'abondance des solutions de mécanisme au foyer calculées dans la partie nord-occidentale du Massif Central, fournit de précieuses indications sur le champ de contraintes tectoniques régional (7, 8). Les résultats obtenus par différentes approches (fig. 5) sont très cohérents : ils indiquent une orientation N.NW-S.SE (N 170°E) à NW-SE (N 145°E) de la contrainte principale maximale σ_1 et NE-SW (N 65°E) à E.NE-W.SW (N 80°E) de la contrainte minimale σ_3 . Ces résultats sont cohérents avec le seul mécanisme au foyer calculé dans la partie plus méridionale du Massif Central, dans la région de Decazeville, pour le séisme du 18.04.1974 (magnitude : 4.0), qui indique un jeu en faille normale selon un plan N 160° (8). Ils sont cohérents également avec le rejeu des failles bordières des fossés d'effondrement des Limagnes, d'orientation sub-méridienne à NW-SE (Limagne d'Allier, bassin de Brioude, fossé du revers sud-occidental de la Margeride, bassin du Puy, d'Ambert, etc.) qu'indiquent différents indices néotectoniques (5). Par exemple des zones d'affaissement probable sont signalées sur le plancher des Limagnes : au NE de Clermont-Ferrand, dans les plaines de Maringues et de Varennes/Allier. Il s'agit d'étendues marécageuses où se sont déposées des "terres noires" ; on y remarque fréquemment un épaissement des séries tertiaires sous-jacentes et l'étude des microflore révèle que la sédimentation est holocène (9).

Plusieurs mouvements verticaux positifs sont eux mentionnés dans le socle du massif, toujours sur la base d'arguments géomorphologiques (gradins décalés, hydrographie, etc.) ; on leur admet un âge plio-quadernaire, parfois précisé localement pléistocène inférieur (5) : Nord-Ouest du Cantal, bordure occidentale du Forez et du Livradois (9). De même l'étude des formations volcaniques montre que la Margeride s'est soulevée au Pliocène inférieur tandis que le bassin de Saint-Flour s'affaissait (6).

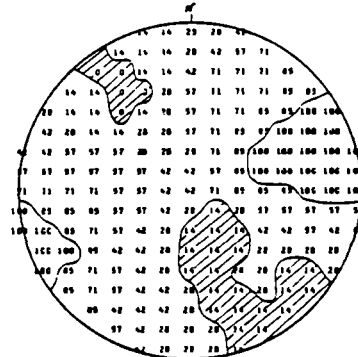
Enfin pour conclure, il est nécessaire de rappeler les caractéristiques très particulières de la structure crustale et lithosphérique de cette partie du Massif Central, qui traduisent des perturbations de grande ampleur et peuvent justifier l'activité tectonique, volcanique et sismique de cette région (10).

En Auvergne, sous une croûte fortement amincie (fig. 6), la vitesse de propagation des ondes P dans le manteau supérieur, atteint à une profondeur de 24 km, est anormalement faible. Elle croît très rapidement ensuite



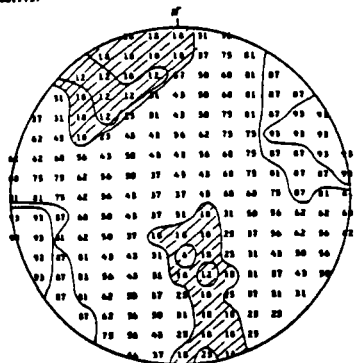
Application de la méthode des dièdres droits
aux solutions focales du Massif-Central.
Méthode des pourcentages.

MÉTHODE DES DIÈDRES DROITS - MASSIF CENTRAL
MCA = 54, 62, 63, 67, 70, 71, 72



Les aires hachurées correspondent
aux domaines où peut se trouver
la contrainte principale maxima-
le, les aires en blanc à ceux où
peut se trouver la contrainte
principale minimale.

MÉTHODE DES DIÈDRES DROITS - MASSIF CENTRAL
MCC = MCA + 68, 173



MÉTHODE DES DIÈDRES DROITS - MASSIF CENTRAL
MCD = MCA + (55, 60, 64, 65, 66, 69, 74)

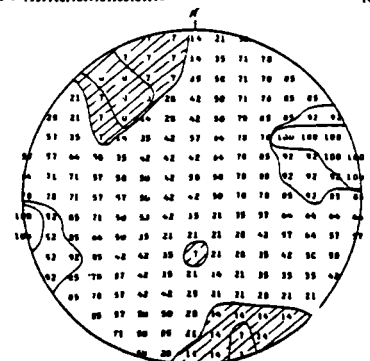


Fig. 5 - DETERMINATION DE L'ORIENTATION MOYENNE DES CONTRAINTES PRINCIPALES MAXIMALE ET MINIMALE, A PARTIR DES SOLUTIONS FOCALES OBTENUES DANS LE MASSIF CENTRAL (d'après P. GODEFROY, 1980 (7,8))

avec la profondeur jusqu'à une valeur de 8.3 km/s, atteinte vers 40 km, alors que sous une croûte "normale", cette vitesse n'est atteinte dans le manteau supérieur que vers 60 km de profondeur.

A l'Ouest du sillon houiller, par contre, la structure crustale est "normale", même si parfois les interfaces intra-crustaux sont peu nets (plateau de Millevaches).

A plus grande échelle, une anomalie régionale apparaît dans la lithosphère sub-crustale de la Vendée au Massif Central et à l'Auvergne : on a pu mettre en évidence (11, 12) une couche à faible vitesse intralithosphérique (7.7 km/s) d'une vingtaine de km d'épaisseur, située sous la couche à vitesse 8.1 km/s rencontrée immédiatement sous le Moho, et dont la base remonte depuis la Vendée jusqu'au Massif Central et à l'Auvergne où son toit pourrait affleurer au Moho (fig. 7).

Il existe donc sous l'Auvergne un diapir mantellique qui semble avoir contrôlé l'évolution structurale de la croûte (10).

Si les profils sismiques effectués dans cette région ont permis de montrer qu'il existait une différence nette de la structure profonde entre l'Auvergne et le reste du Massif Central, ils ne suffisent pas à préciser l'extension de la région présentant cette anomalie. Il semble que l'amincissement crustal naisse à l'Ouest de la région volcanique, peut-être dès le rameau occidental du sillon houiller (fig. 8). Par ailleurs, dans le détail, certaines données, quoique très fragmentaires (10), montrent des anomalies de propagation au niveau du Moho qui pourraient traduire une perturbation profonde à l'aplomb des failles bordières de la Limagne d'Allier, se surimposant à l'anomalie régionale (fig. 9).

Enfin, il faut noter que si l'on considère l'épaisseur de la croûte consolidée (non sédimentaire), il est frappant de constater que contrairement à l'image donnée en surface par les fossés à remplissage sédimentaires tertiaires, allongés selon des directions sub-méridiennes, les domaines où cette croûte consolidée est fortement amincie (fig. 10) sont allongés selon des axes NE-SW. En particulier, l'Auvergne est ainsi reliée au fossé du Rhin. Ces directions, ainsi définies sur plusieurs centaines de km, rappellent les directions varisques du bâti structural hercynien qui s'expriment donc à l'échelle de l'ensemble de la croûte.

L'existence de foyers sismiques profonds (à la limite de l'interface croûte-manteau anormal), en particulier sous l'Auvergne, pourrait donc traduire l'existence de déformations liées à ces anomalies structurales majeures de la lithosphère supérieure, dont le rejeu des fractures plus superficielles (sub-méridiennes et NW-SE en particulier), avec une sismicité propre, ne serait que la conséquence.

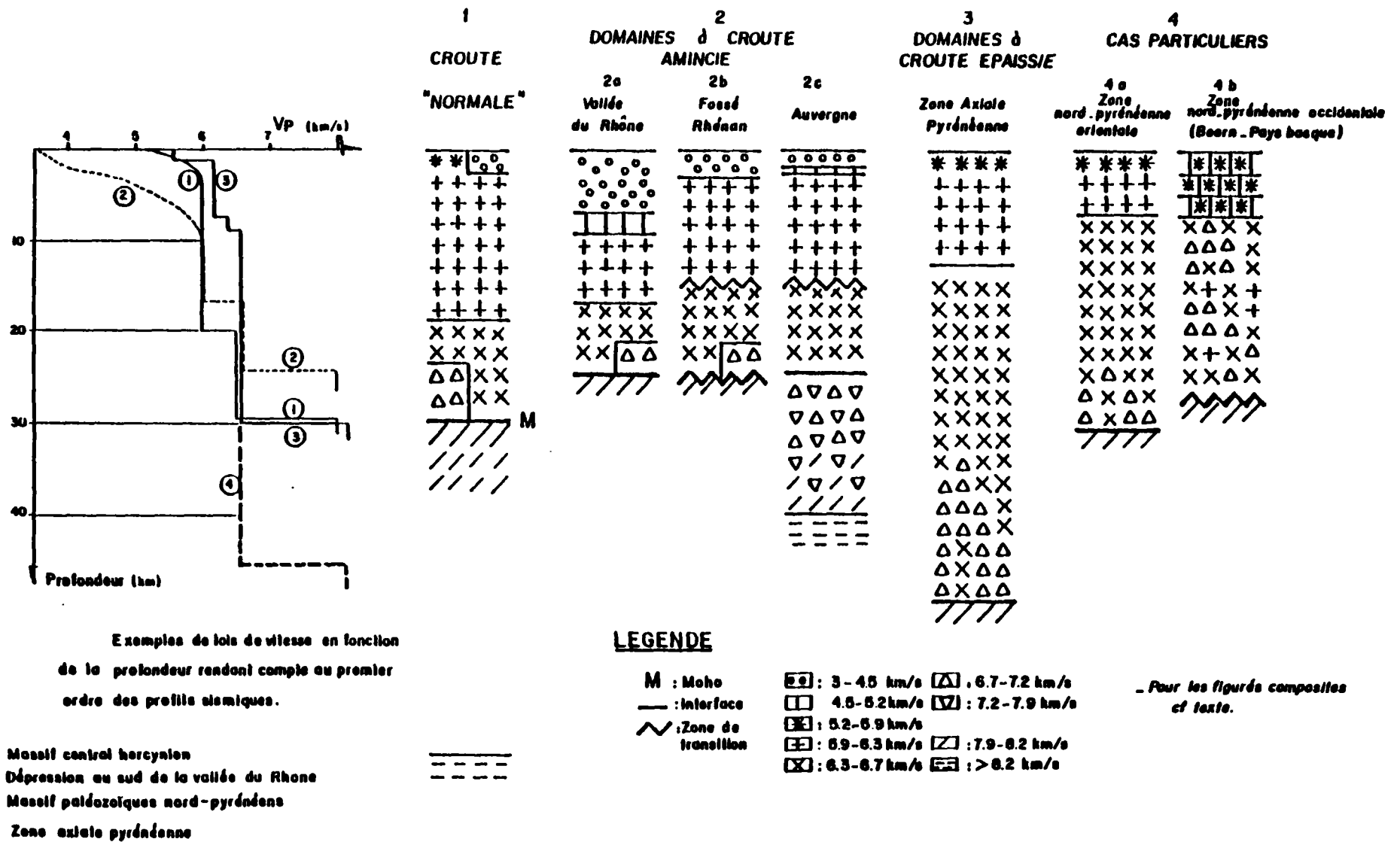


Fig. 6 - PRINCIPAUX TYPES DE LOIS DE VITESSE RENCONTRES EN FRANCE ET MODELES MOYENS DE STRUCTURE CRUSTALE CORRESPONDANTS d'après P. GODEFROY et al, 1980 (10)

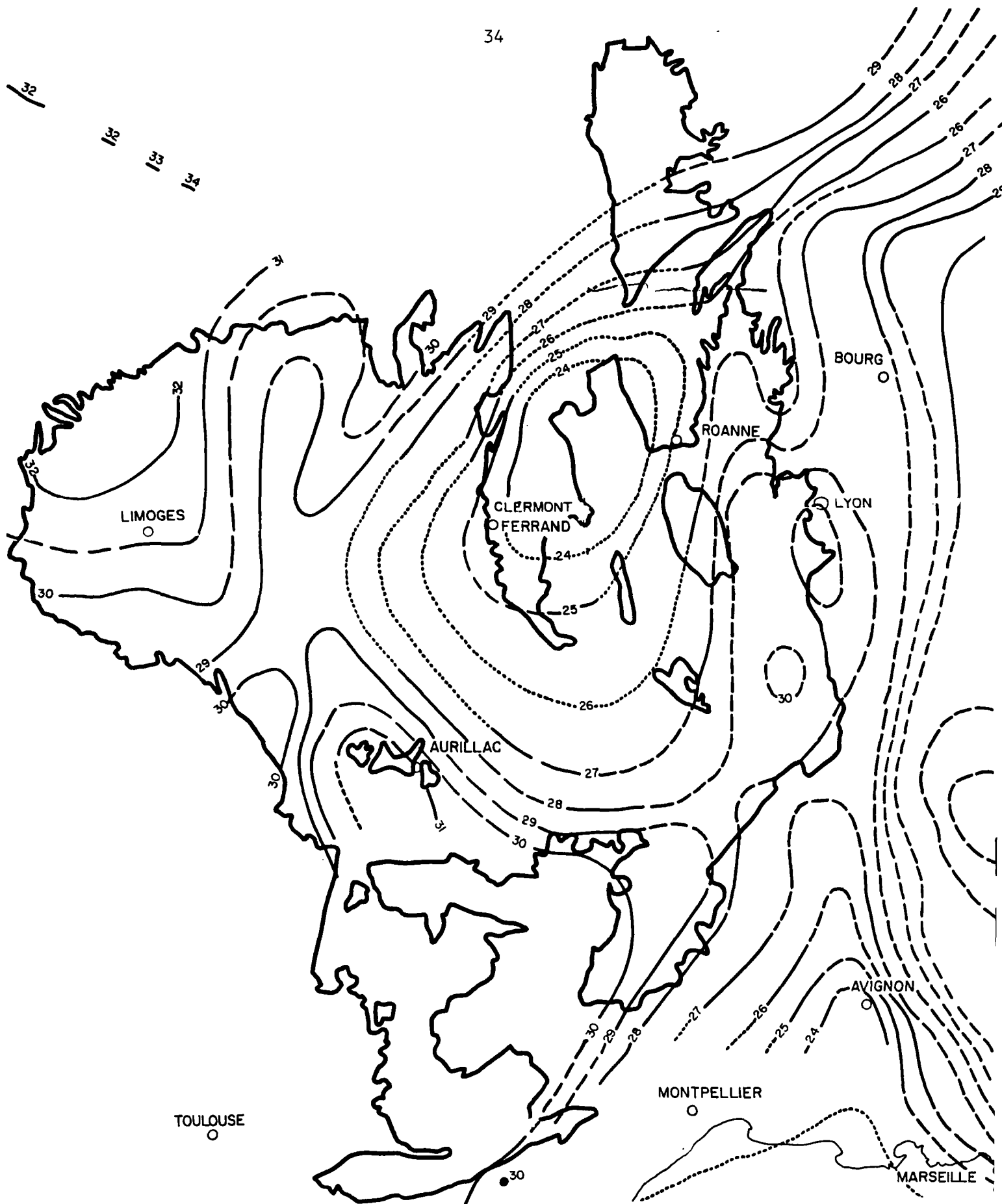


Fig. 8 - CARTE DES ISOBATHES DU MOHO SOUS LE MASSIF CENTRAL FRANCAIS,
d'après P. GODEFROY et al, 1980 (10).

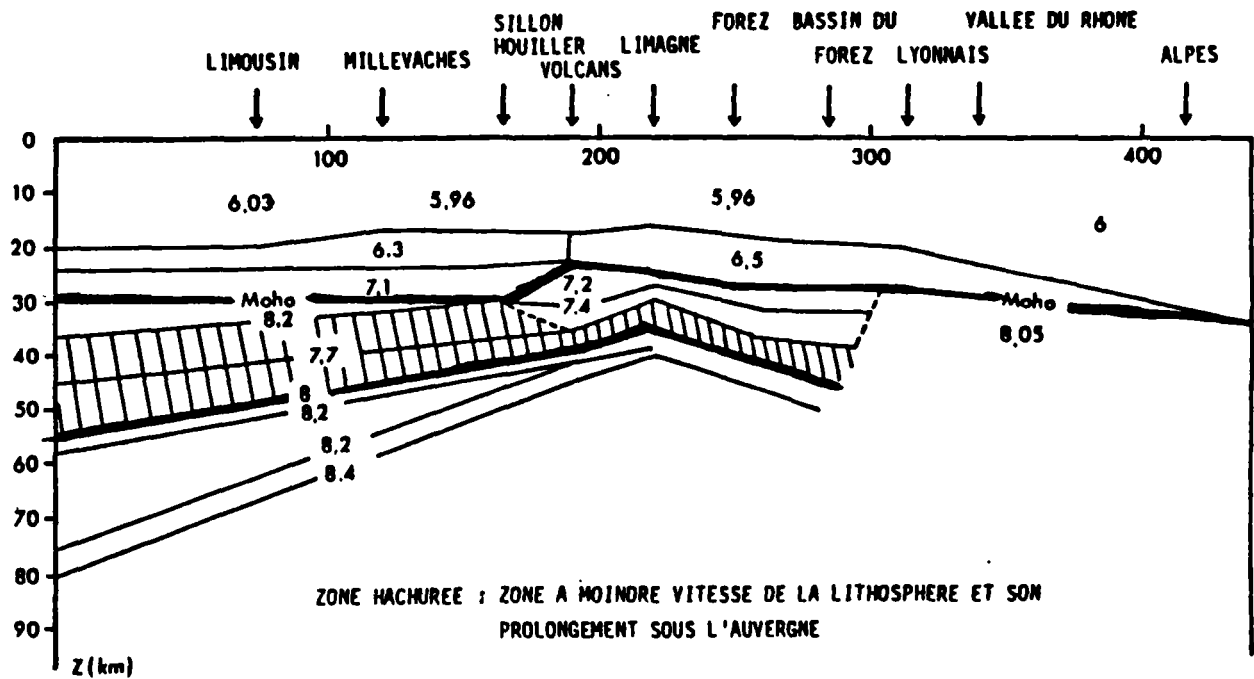


Fig. 7 - Coupe transversale à la latitude de Clermont-Ferrand. Lignes d'égales vitesses des ondes P. d'après PERRIER et al, 1973 (12)

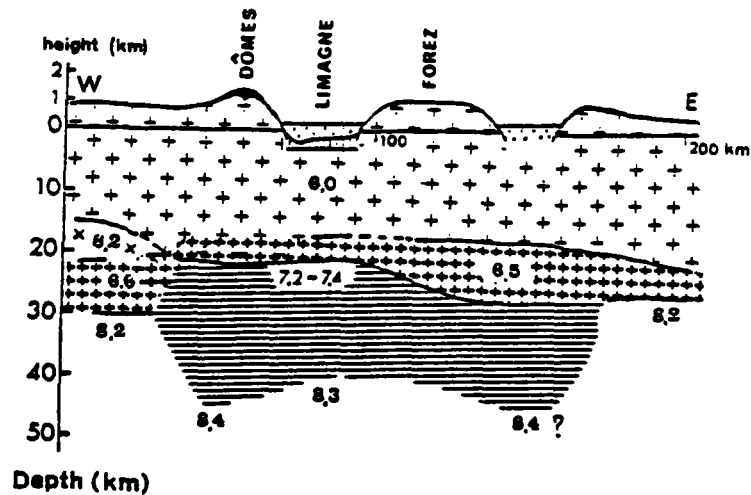


Fig. 9 - COUPE E.W SIMPLIFIEE DE LA STRUCTURE CRUSTALE A LA LATITUDE DE CLERMONT-FERRAND, d'après A. HIRN et al, 1974 (15).

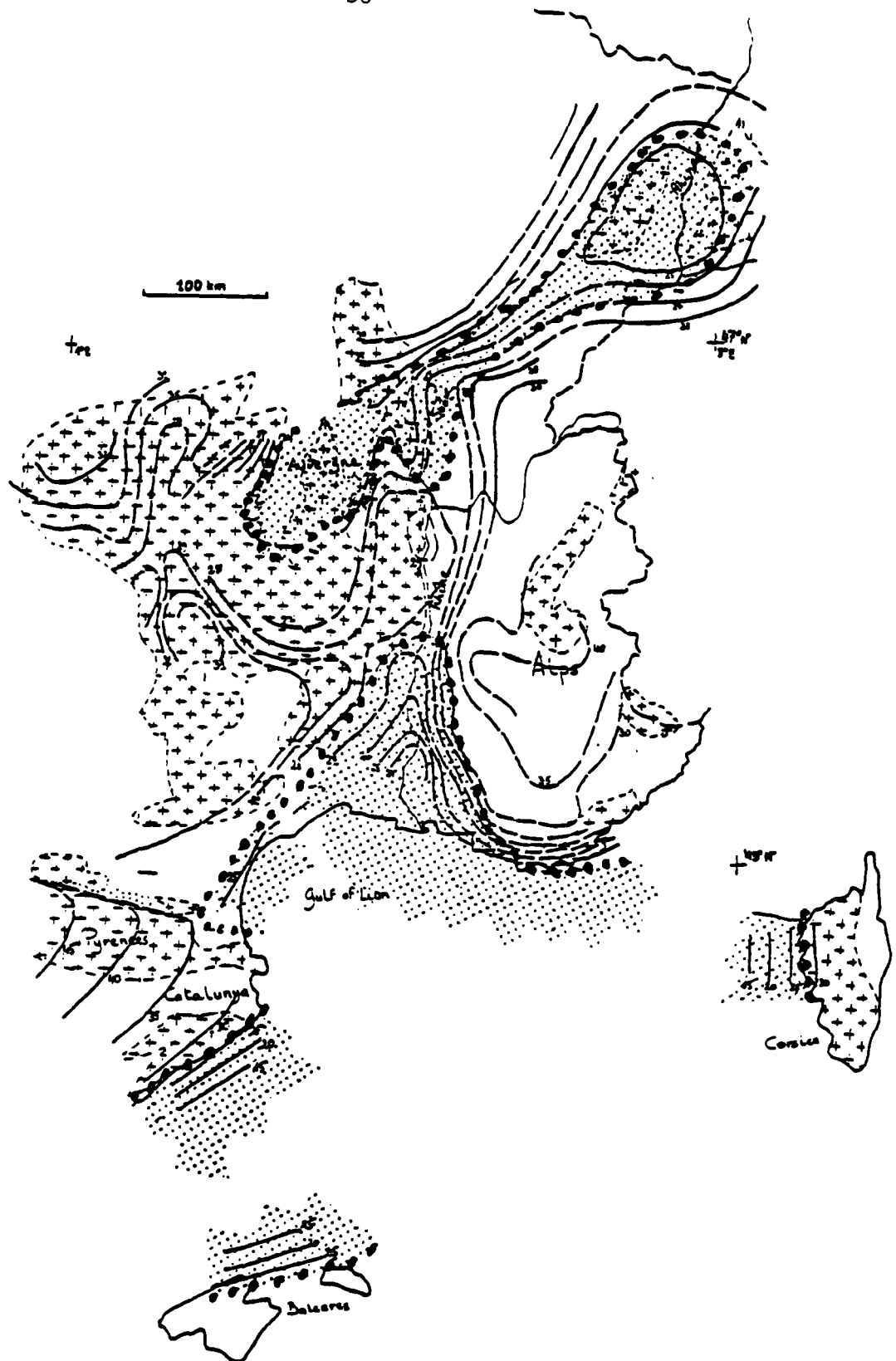


Fig. 10 - EPAISSEUR DE LA CROÛTE CONSOLIDÉE,
d'après HIRN, 1980 (16)

-  Domaines où la croûte consolidée est amincie de plus de 10-15 % par rapport à la "normale"
-  Isobathes du Moho
-  Socle affleurant

CONCLUSIONS

De ce bref bilan de la sismicité et du contexte tectonique du Cézallier et des régions périphériques, il ressort que le Cézallier ne connaît pas d'activité sismique propre mais se situe dans le prolongement de directions tectoniques marquées par une activité non négligeable : sub-méridienne et NW-SE, et est limité au SE par un axe sismique NE-SW.

Les caractéristiques du champ de contrainte régional sont propices à une réouverture en tension des fractures sub-méridiennes.

Enfin, il existe plusieurs indices d'un bombement général du socle du Massif Central, marqué à l'Est du sillon houiller, vraisemblablement associé à une structure lithosphérique très perturbée. Il faut, à cet égard, distinguer deux niveaux de déformations actuelles : profondes, probablement liées à ces anomalies de la structure lithosphérique et associées à des foyers sismiques dans la croûte inférieure, et plus superficielles, qui peuvent être la conséquence des premières, associées à une sismicité propre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) P. GODEFROY, A. LEVRET, 1983 - Nature et définition de l'aléa sismique, rapport BRGM 83 SGN 925 GEG, Orléans, décembre 1983, in : "Génie parasismique", V. DAVIDOVICI (ed.), Presses nationales des Ponts et Chaussées (sous-presse).
- (2) Fichier informatisé de sismicité historique de la France "SIRENE", BRGM.
- (3) A. VEINANTE-DELHAYE, J.P. SANTOIRE, 1980 - Sismicité récente de l'arc sud-armoricain et du Nord-Ouest du Massif Central ; mécanismes au foyer et néotectonique, B.S.G.F., 7, t. XXII, n°1, 93-103.
- (4) A. GADALIA, J. VARET, 1982 - Etude géoprospective d'un site de stockage ; l'activité volcanique, rapport BRGM 83 SGN 010 ST0, Orléans, décembre 1982.
- (5) J. FOURNIGUET, 1980 - Carte néotectonique de la France et notice, Document BRGM inédit.
- (6) De GOER de HERVE A. et al, 1977 - Esquisse néotectonique des régions volcanisées du Massif Central français (Auvergne, Bourbonnais, Velay), rapport et cartes inédits, Documents BRGM, projet sismotectonique.
- (7) P. GODEFROY, 1980 - Apport des mécanismes au foyer à l'étude sismotectonique de la France, Bull. BRGM, 2ème série, section IV, n°2, 119-128.
- (8) P. GODEFROY, 1980 - Apport des mécanismes au foyer à l'étude sismotectonique de la France ; un exemple de distribution des contraintes en domaine intra-plaque, rapport BRGM 80 SGN 032 GEG, Orléans, janvier 1980.
- (9) D. GIOT, L. CLOZIER, R. FLEURY, 1975 - Manifestations tectoniques récentes en Limagne d'Allier (Massif Central, Puy-de-Dôme, Allier), Bull. BRGM, 2ème série, section I, n°2, 149-155.
- (10) P. GODEFROY, A. HIRN, 1980 - Synthèse des données de sismologie expérimentale en France ; intérêt pour l'étude sismotectonique de la France, rapport BRGM 80 SGN 800 GEG, Orléans, novembre 1980.
- (11) Y. BOTTINGA, A. HIRN, L. STEINMETZ, 1973 - Implication de l'existence d'un canal à moindre vitesse sous le Moho, B.S.G.F., 7, t. XV, n°5-6, 500-505.
- (12) G. PERRIER, J.C. RUEGG, 1973 - Structure profonde du Massif Central français, Annales de géophysique, t. 29, n°4, 435-502.

- (13) A. AUTRAN et coll., 1980 - Carte tectonique de la France à 1/1 000 000 et notice, mémoire du BRGM n°110, Orléans.
- (14) J. VOGT et coll., 1981 - Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 et notice, mémoire du BRGM n°111, Orléans.
- (15) A. HIRN, G. PERRIER, 1974 - Deep seismic sounding in the Limagne graben - in : Approaches to taphrogenesis, Inter-Union Commission on geodynamics, scientific report n°8, Stuttgart, 329-340.
- (16) A. HIRN, 1980 - Le cadre structural profond d'après les profils sismiques. Image géophysique de la France, in : Evolutions géologiques de la France, A. AUTRAN et J. DERCOURT (ed.), mémoire du BRGM n°107.

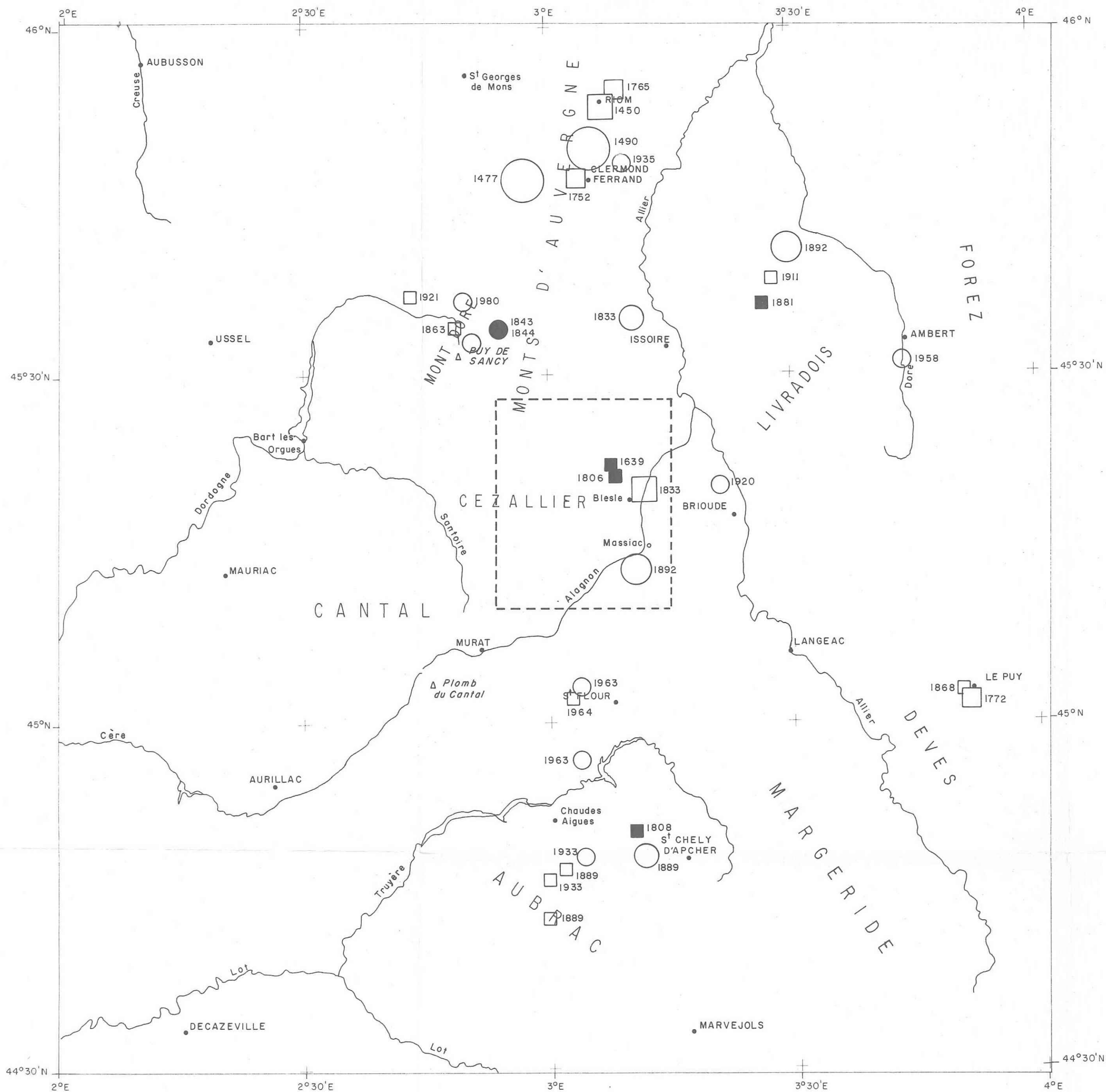


Fig.1

REGION DU CEZALLIER
SISMICITE HISTORIQUE
LOCALISATION DES PRINCIPAUX EPICENTRES

Echelle 1 / 500 000



LEGENDE

localisation fiable	Valeur de I_0 (MSK)	localisation incertaine
	VIII	
	VII	
	VI	
	V	
	Indéterminé	

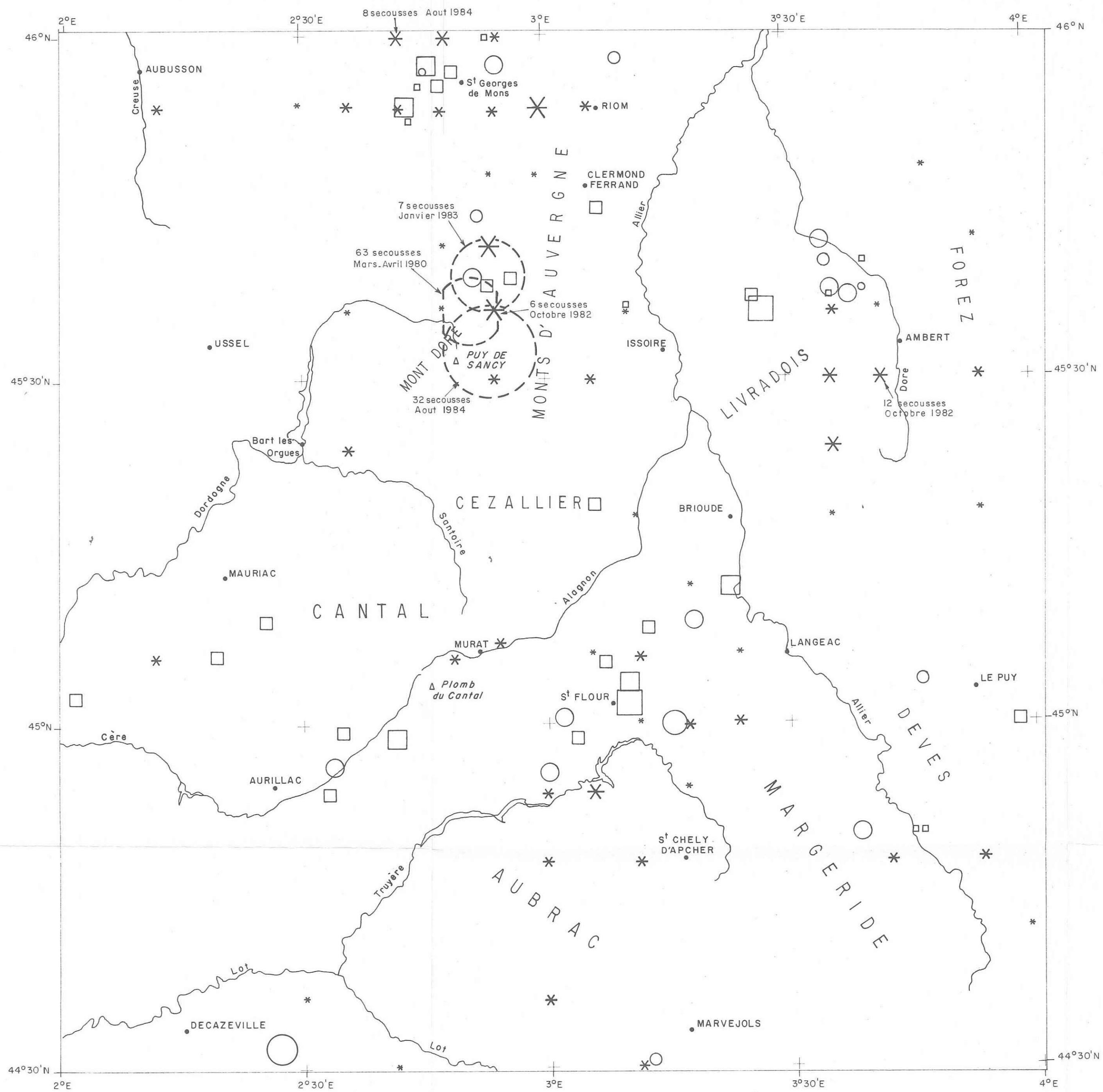


Fig.2
CARTE DE SISMICITE INSTRUMENTALE
DU CEZALLIER ET DES REGIONS LIMITOPHES
d'après les données du L.D.G (cf. tableau 2A et 2B)

Echelle 1 / 500 000
0 10 20 30 km

- LEGENDE
- Localisation précise pour la période 1962-1976
 - Localisation imprécise
 - * Précision de la location inconnue (1977-1984)

MAGNITUDE				
*	□	○	2,0	2,5
*	□	○	2,5	3,0
*	□	○	3,0	3,5
*	□	○	3,5	4,0
*	□	○	4,0	4,5

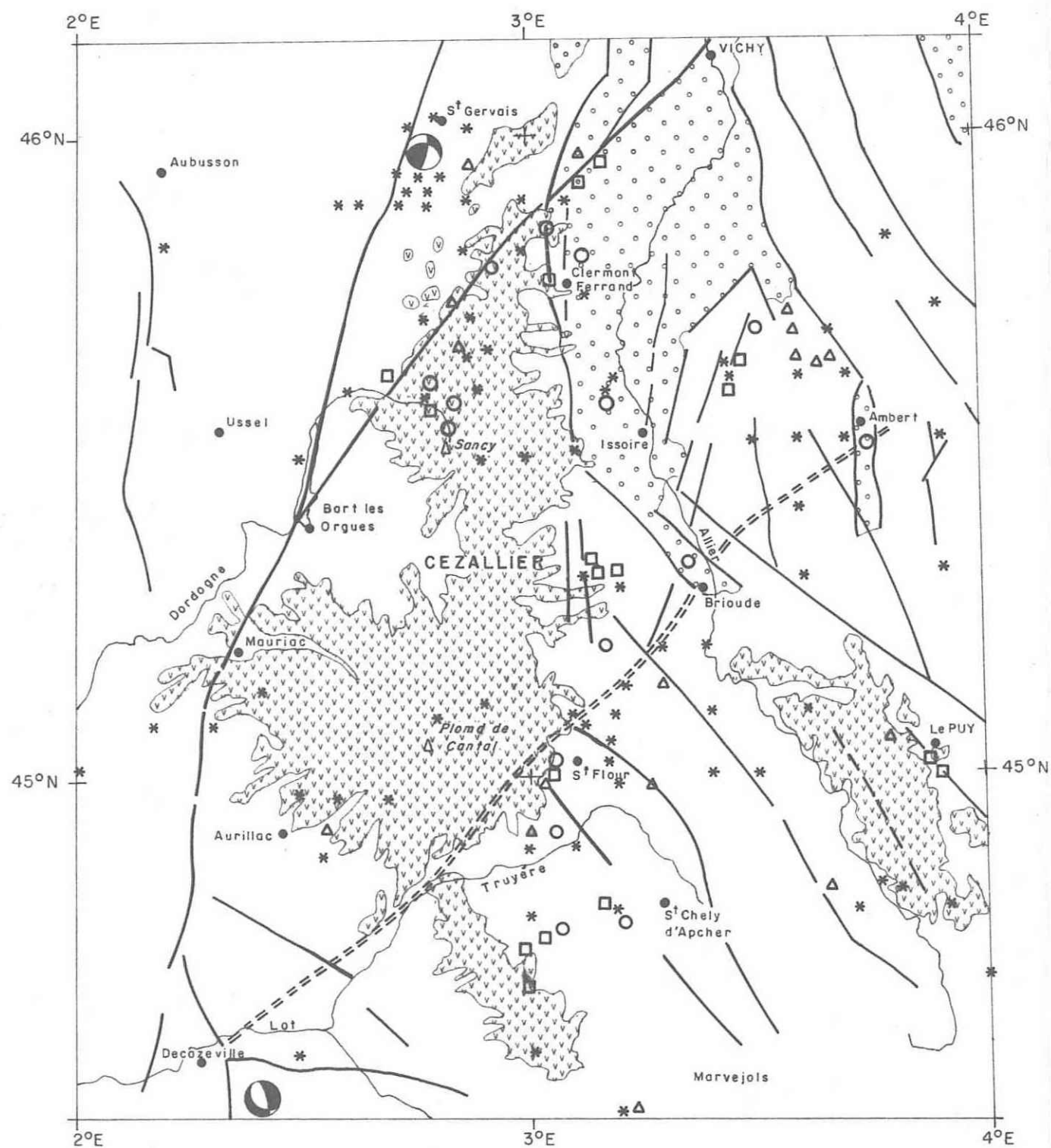


Fig. 3

CONFRONTATION DE LA SISMICITE DU CEZALLIER ET DES REGIONS LIMITROPHES AUX PRINCIPAUX ACCIDENTS TECTONIQUES

Echelle 1/1 000 000
0 20 40 60 80 km

LEGENDE

- Principales failles
- - - Discontinuité géophysique majeure
- Fossés tertiaires
- v v v Régions volcaniques
- △ Epicentre instrumental de localisation précise
- * Epicentre instrumental de localisation imprécise
- Epicentre historique fiable
- Epicentre historique incertain

Mécanismes au foyer

Décrochement dextre N.W S.E ou senestre NE S.W	Faillle inverse N.S de pendage 45°W ou 45°E	Faillle normale dextre NW S.E ou senestre N.E S.W	Mouvement vertical selon une faille NE SW ou glissement selon un plan horizontal