

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG  
FACULTÉ DES SCIENCES

---

**ANNALES**  
de l'Institut de Physique du Globe

Fondées par le Professeur E. ROTHÉ  
Membre correspondant de l'Académie des Sciences

---

NOUVELLE SÉRIE

---

TROISIÈME PARTIE

**GÉOPHYSIQUE**

TOME VIII

---

**1967**

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
J. P. ROTHÉ, Cartes de Séismicité de la France.....	3
W. HILLER, J. P. ROTHÉ et G. SCHNEIDER, La Séismicité du Fossé Rhénan.....	11
J. P. ROTHÉ et N. DECHEVOY, La Séismicité de la France de 1951 à 1960.....	19
E. PETERSCHMITT, Propagation des ondes Lg à travers l'Afrique et la Méditerranée occidentale.....	85
J. P. LAUER, Mesures paléomagnétiques dans le massif du Kaiserstuhl ; interprétation géologique.....	89
A. ROCHE, A. ROUBERTOU et H. SAIAGH, Etude magnétique du Fossé Rhénan (1 <sup>ère</sup> partie).....	97
J. J. WALCH, Etude des anomalies magnétiques du Nord des Vosges.....	111

# CARTES DE SÉISMICITÉ DE LA FRANCE

PAR J.P. ROTHÉ

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

## INTRODUCTION

Le Bureau central sismologique français, rattaché à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, est chargé de rassembler la documentation concernant la sismicité de la France : depuis 1919 l'étude des séismes ressentis en France est faite systématiquement par l'envoi de questionnaires et par le dépouillement des enregistrements des stations sismologiques (1), (2), (3) ; pour les années antérieures de nombreuses notes aux Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, des articles dans les périodiques scientifiques ou des catalogues sont conservés au Bureau.

Le dépouillement de ces archives a permis d'établir un double fichier, chronologique et géographique, des secousses ressenties sur le territoire français. Ce fichier a servi de base à la construction d'une série de cartes dressées pour accompagner le nouveau code français de protection parasismique (Règles PS-64).

## CARTE D'ÉPICENTRES (figure 1)

Nous avons choisi une période de 100 années (1861-1960) pour laquelle les renseignements sont suffisamment nombreux. *En tout 1650 fiches ont été utilisées.* Il est évident que si nous voulons atteindre le but final que représente l'interprétation sismotectonique, il faut que les épicentres soient connus aussi exactement que possible pour pouvoir être mis en relation avec des accidents géologiques souvent très étroits. On a donc sur la carte distingué les renseignements - surtout anciens - qui ne permettent pas de définir un épicentre de ceux qui au contraire conduisent à des localisations dont la précision dépasse le dixième de degré en longitude et en latitude. Pour chaque séisme, l'intensité maxima à l'épicentre est indiquée par un signe spécial. On notera que, en dehors du territoire français, seuls ont été portés les épicentres des séismes qui ont été ressentis en France.

La carte figure 1 fait immédiatement apparaître un certain nombre de régions où l'activité sismique est relativement importante :

a) le front nord-pyrénéen : les foyers se trouvent en général au voisinage immédiat ou un peu au nord de la zone de contact avec la zone primaire axiale des Pyrénées et les terrains secondaires, jurassiques et crétacés, plissés de l'avant-pays pyrénéen ;

b) le Sud-Est de la France : les épicentres se répartissent en deux groupes, les uns jalonnant "l'arc briançonnais", zone de racines des plis alpins, les autres intéressant les massifs subalpins en bordure du couloir rhodanien. On remarquera que entre ces deux groupes la carte fait clairement apparaître une région asismique qui correspond géologiquement aux "massifs cristallins externes" et à la "fosse vocontienne" ;

c) le socle hercynien de Bretagne, Vendée, détroit du Poitou, dans le Massif Central et au Sud-Ouest des Vosges, est le siège d'assez nombreuses secousses liées probablement aux grandes fractures qui morcellent ce socle ;

d) les fossés d'effondrement ("graben rhéan", Limagne d'Allier et de Loire) manifestent une activité non négligeable.

Au contraire, l'activité des grands bassins sédimentaires est très faible (Bassin de Paris) ou négligeable (Bassin d'Aquitaine).

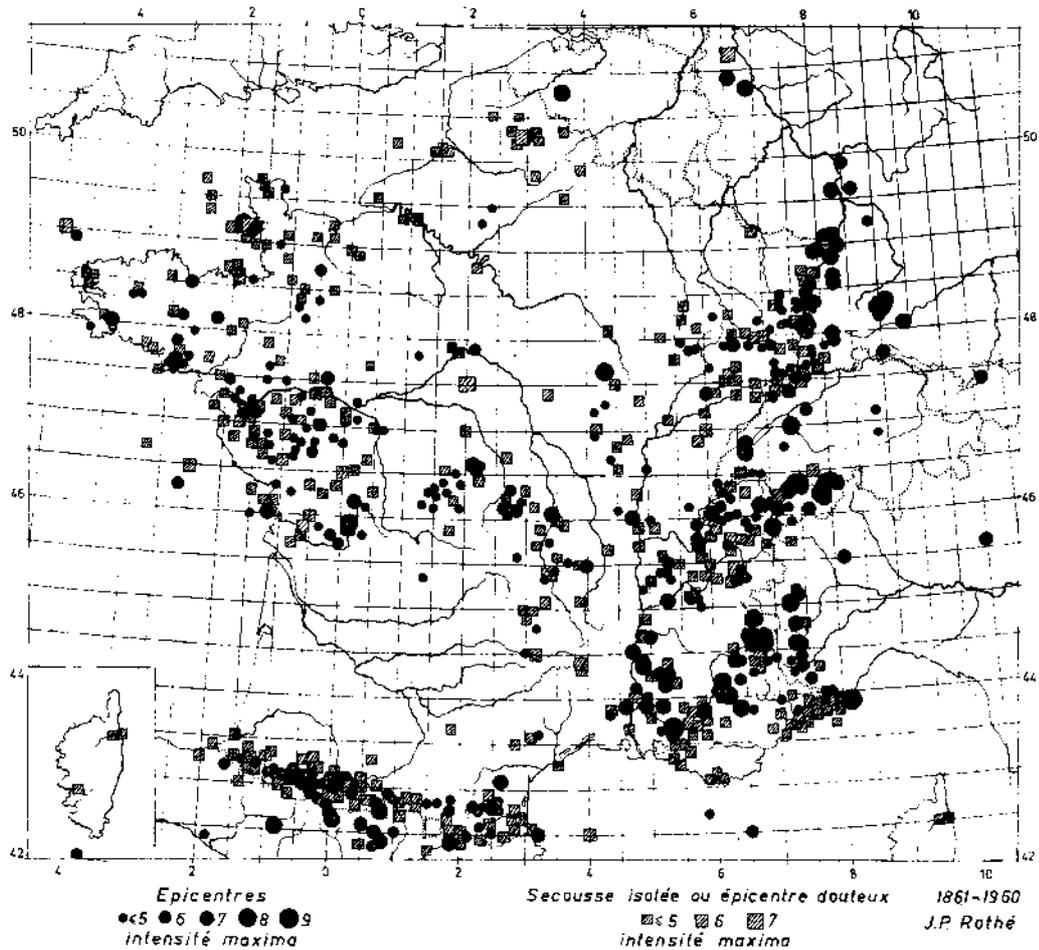


Figure 1

On remarquera que les caractères généraux de la sismicité de la France tels qu'ils viennent d'être définis en prenant en considération une période d'un siècle, se retrouvent avec plus ou moins de netteté même lorsqu'on utilise des périodes beaucoup plus courtes, par exemple la période 1940-1950 (2) ou la période 1951-1960 (voir plus loin, p. 22 la figure A).

#### CARTE DES INTENSITÉS MAXIMAS OBSERVÉES (figure 2)

La France est heureusement un pays dont la sismicité est relativement peu importante et la fréquence des grands séismes faible. La période des observations instrumentales entreprises depuis 1919 et même la période de 100 ans utilisée pour dresser la carte d'épicentres seraient beaucoup trop courtes pour représenter exactement le danger que les séismes peuvent faire courir à certaines régions françaises. Il faut s'adresser à des renseignements historiques remontant dans le temps aussi loin que possible. Le catalogue publié en 1845 par A. Perrey, professeur d'astronomie à l'Université de Dijon, est à cet égard très précieux (4). En utilisant ce catalogue et les archives du Bureau central sismologique français, nous avons pu dresser une carte sur laquelle est représentée l'intensité maxima observée depuis l'année 1021 en chaque point du territoire français.

Les séismes destructeurs sont rares ; cependant leur importance ne doit pas être minimisée. Le grand séisme de 1356, destructeur de Bâle, a fait des dégâts en Haute-Alsace ; en 1536, en

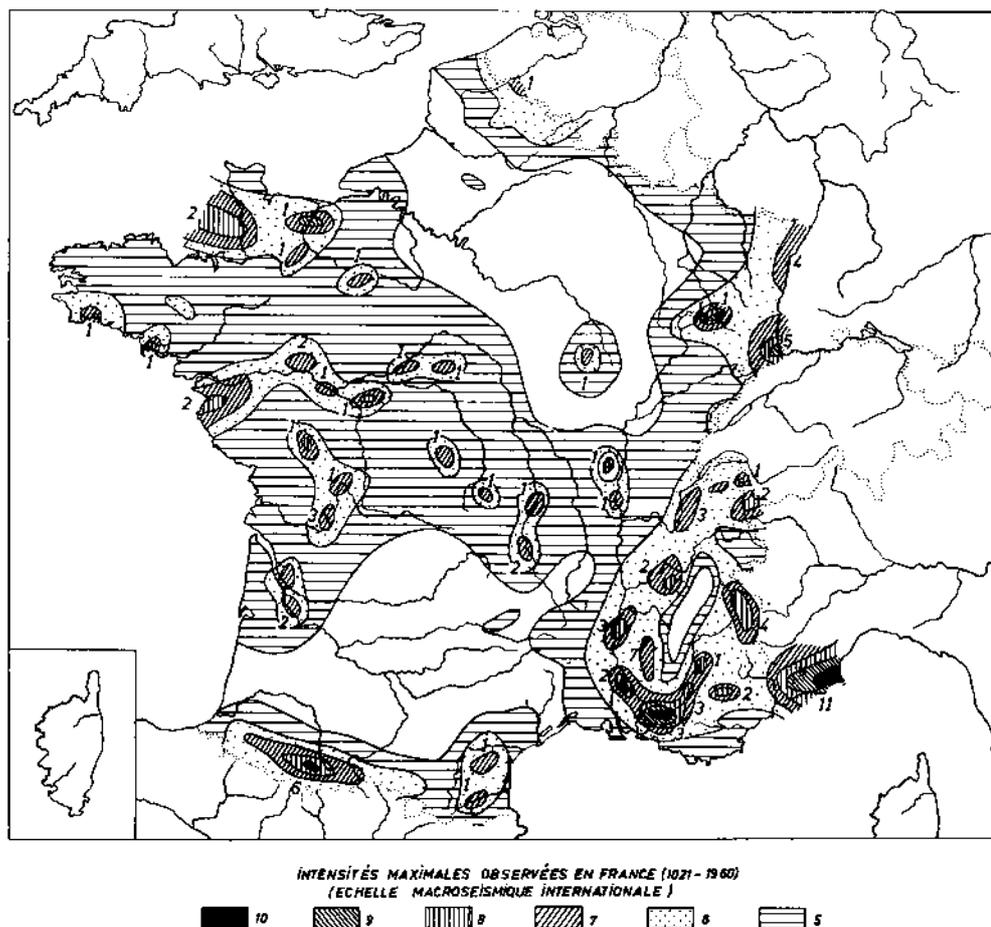


Figure 2

1564 et en 1617, plusieurs villages ont été détruits dans les vallées de la Tinée et de la Vésubie : on dénombra des centaines de morts. En 1682, on signale à Remiremont de nombreuses maisons écroulées et des victimes. Le grand séisme de Diano-Marina en 1887 a rendu 115 maisons inhabitables à Menton et à Nice ; en 1905, des dégâts dans la vallée de Chamonix ; en 1909, plusieurs villages au Nord d'Aix en Provence (Vernègues, Venelles, Saint-Garnat, Lambesc, Rognes) ont été partiellement ou totalement détruits et on a compté une quarantaine de morts. Des dégâts ont été signalés en 1775 en Normandie et en 1799 en Vendée.

Il aurait été souhaitable de pouvoir établir une carte des fréquences des grandes secousses ressenties en France et de pouvoir à partir d'une telle carte essayer de tracer une carte de l'énergie sismique libérée dans les différentes régions pendant une période déterminée.

En fait, à l'examen de la liste des séismes destructeurs en France, on constate que, sauf dans le Sud-Est, la fréquence des grandes secousses dans une région déterminée est très faible (Normandie : une seule secousse ; Vendée : deux secousses ; Vosges (Remiremont) : une seule secousse ; etc.). Par contre, le Sud-Est de la France et plus particulièrement la Provence et le Comté de Nice ont connu des secousses dévastatrices en 1227, 1348, 1494, 1556, 1564, 1612, 1617, 1644, 1752, 1756, 1769, 1799, 1818, 1854, 1887, 1905, 1909. Une telle liste implique que dans cette région soient prises des précautions paraséismiques.

Des séismes ayant entraîné des dégâts se sont produits à diverses reprises dans plusieurs autres régions :

- a) Front nord-pyrénéen entre Lourdes et Bagnères (1660, 1750, 1850, 1854, 1904).
- b) Tricastin (1773, 1873, 1934-1936).
- c) Chautagne (1822, 1841, 1958).
- d) Briançonnais et Queyras (1884, 1904, 1938, 1959).
- e) Haute-Alsace (1021, 1346, 1356, 1531, 1610).

Pour compléter la carte figure 2 la fréquence des secousses a été indiquée par un chiffre représentant le nombre de séismes d'intensité au moins égale à 7 ressentis dans chaque zone.

#### CARTE SÉISMOTECTONIQUE

Faute de disposer pour la France d'une carte tectonique détaillée, il est encore difficile d'établir une carte séismotectonique. La carte figure 3 est une tentative pour schématiser les grandes unités tectoniques françaises en relation avec la séismicité définie par les cartes précédentes(1) :

A) Le socle paléozoïque (massif armoricain, Massif central, Ardennes, Maures) s'est cassé suivant de longues lignes de fracture qui ont joué dès l'époque hercynienne et qui, en général ont rejoué au tertiaire suivant les mêmes directions. Les principales de ces fractures ont été représentées sur la carte ; elles expliquent la séismicité non négligeable du massif armoricain et d'une partie du Massif Central.

B) Là où le socle hercynien est recouvert par une faible épaisseur de terrains sédimentaires et où apparaissent encore de nombreuses fractures, la séismicité reste notable ; c'est le cas du *détroit du Poitou* entre le Massif armoricain et le Massif central et du *détroit morvano-vosgien* entre le Massif central et les Vosges.

C) La chaîne alpine dans les Alpes occidentales montre deux zones actives, l'arc séismique briançonnais et l'arc séismique piémontais qui encadrent le *géosynclinal alpin*. Ces deux zones sont celles d'où ont jailli les grandes nappes alpines, nappes qui se sont déversées vers l'Ouest suivant une tectonique d'écoulement (5).

D) Les *plissements de couverture* : au point de vue tectonique, il faut noter que la nature particulièrement plastique de cette couverture l'a rendue très indépendante du socle représenté dans les Alpes par les massifs cristallins externes (schématisés sur la carte par les noyaux de l'Aar (1), du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges (2), de Belledonne (3), du Pelvoux (4) et du Mercantour (5)). La couverture a glissé par gravité sur un socle soulevé et incliné et s'est plissée en avant des massifs cristallins externes. Les plis sont souvent cassés en plis-failles le long de grandes surfaces d'étirement. Cette structure caractérise les massifs subalpins du Nord : Bauges, Chartreuse, Vercors.

E) Au Sud du Vercors, la structure en écaillés cède la place à un style plus souple donnant des cuvettes et des dômes qui caractérisent le Diois, le Dévoluy, le Gapençais. Dans toute cette région, le crétacé inférieur ne présente plus le faciès calcaire urgonien, mais un faciès de marnes noires, souples, non cassantes.

Alors que les massifs subalpins du nord sont séismiques, toute la partie Sud, au contraire, domaine de la fosse vocontienne, est tout à fait dépourvue de foyers séismiques.

Nous avons, en raison de leur faible activité séismique, rangé dans la même catégorie l'ensemble des plis jurassiens.

F) Les plis pyrénéo-provençaux forment une unité tectonique nettement différenciée. La zone d'activité séismique qui suit le bord Nord des Pyrénées se prolonge probablement en Provence où sont connus d'importants foyers séismiques.

G) Les avant-fosses mollassiques, peu séismiques en avant des Pyrénées, le sont davantage en avant des Alpes, en Suisse en particulier.

H) Les fossés oligocènes (fossé du Rhin, Limagnes) sont jalonnés par de nombreux épïcêtres.

(1) Je remercie M. Jean Goguel qui m'a fait bénéficier d'une documentation encore inédite.

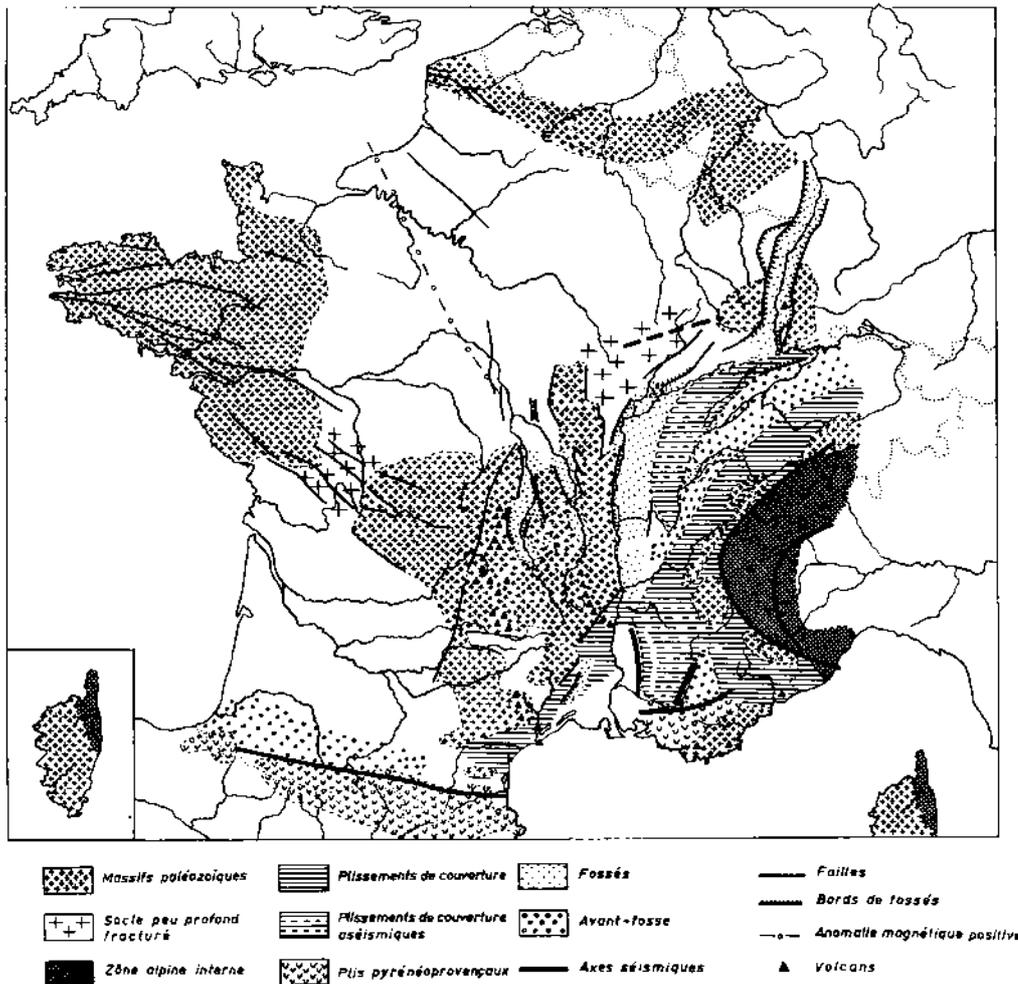


Figure 3

On a encore représenté sur la carte figure 3 le tracé de l'axe de la grande anomalie magnétique positive du Bassin de Paris qui est peut-être en relation avec quelques épicentres, en particulier ceux de la région d'Orléans et de la région de Rouen. Cette anomalie magnétique est probablement liée à la ligne de rebroussement ("schaarung") des plis hercyniens sous le bassin de Paris.

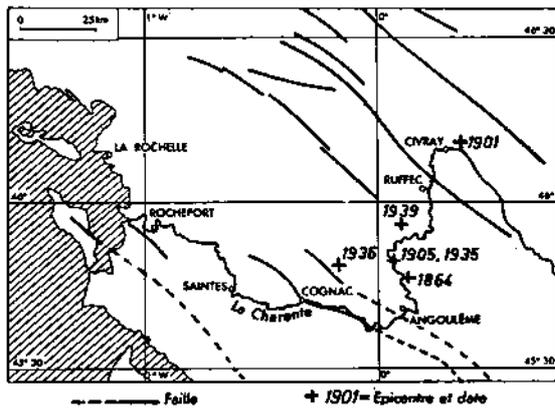


Figure 4 - Relations entre les accidents tectoniques, les épicentres des séismes et le cours de la Charente.

Dans l'établissement d'une carte séismo-tectonique l'objectif final doit être de délimiter des zones séismiques aussi étroites que possible en relation avec les zones de mouvements tectoniques. Ce sont naturellement les recherches de néotectonique qui doivent occuper la première place. Ces recherches, malheureusement encore peu avancées, doivent s'appuyer sur la combinaison des méthodes géodésiques (nivellement, triangulation) et morphologiques (étude des coudes de captures des rivières, tracé de lignes de failles récentes, etc.). On peut en

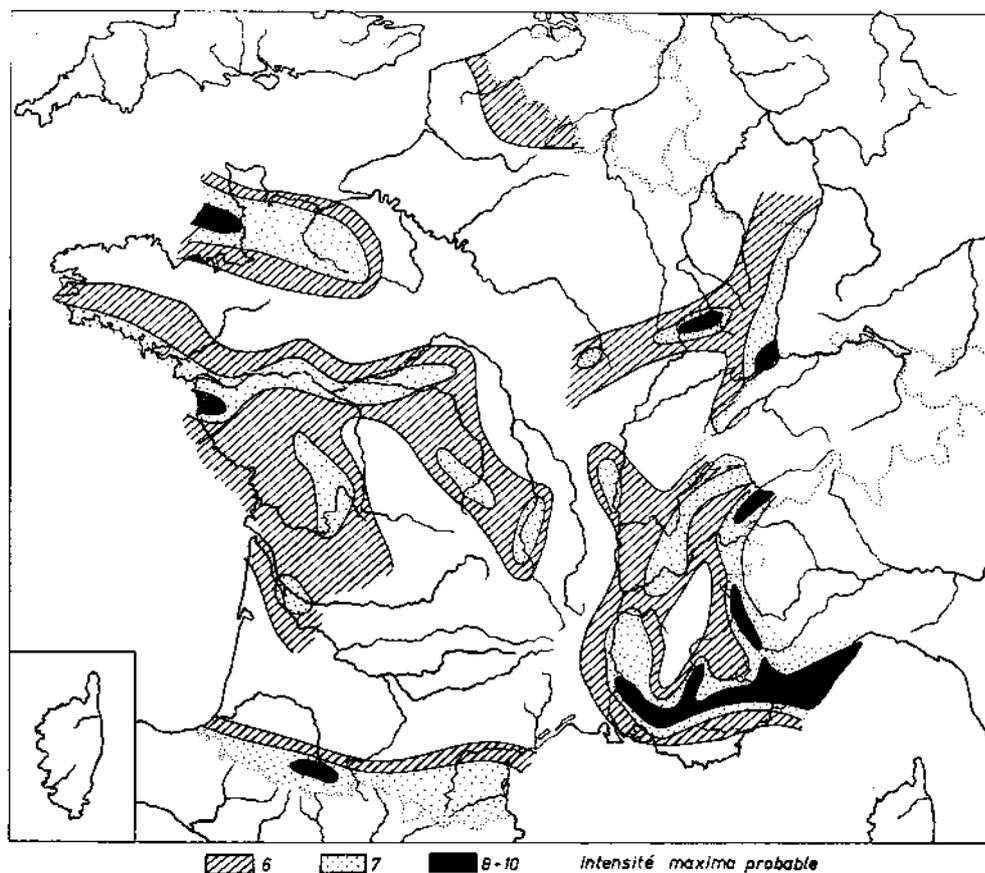


Figure 5

citer deux exemples : une géographe française, Mlle Alimen, vient de montrer que tout le long du front nord-pyrénéen l'étude du profil des vallées, de la position des terrasses et de l'emplacement des brèches dont le matériel est constitué de blocs formés par suite d'ébranlements tectoniques, témoigne de mouvements quaternaires récents (Renseignements communiqués par M. J. Goguel). Un autre exemple caractéristique des relations qui peuvent exister entre les accidents tectoniques, la morphologie fluviale et l'activité sismique est fournie par le détroit du Poitou : les épicentres, en relation avec un réseau de failles de direction NW-SE, indiquent une instabilité durable qui se traduit par les anomalies du réseau hydrographique et en particulier par le cours tourmenté de la Charente (figure 4).

Il faut souhaiter qu'une série de profils de nivellement soit effectuée en travers des principales régions sismiques françaises et que ces mesures soient reprises régulièrement. L'établissement d'une carte séismotectonique est un travail de longue haleine qui demande une collaboration étroite entre géophysiciens, géologues et géographes.

#### CARTE DES INTENSITÉS MAXIMA PROBABLES (figure 5)

L'ingénieur qui doit établir un projet de constructions désire connaître l'intensité maxima probable à laquelle on doit s'attendre dans une région déterminée. Ce renseignement lui est fourni par la carte figure 5 qui est une extrapolation des cartes précédentes, extrapolation basée sur les principales données géologiques et structurales. Sur la figure 5 on a indiqué les zones dans les-

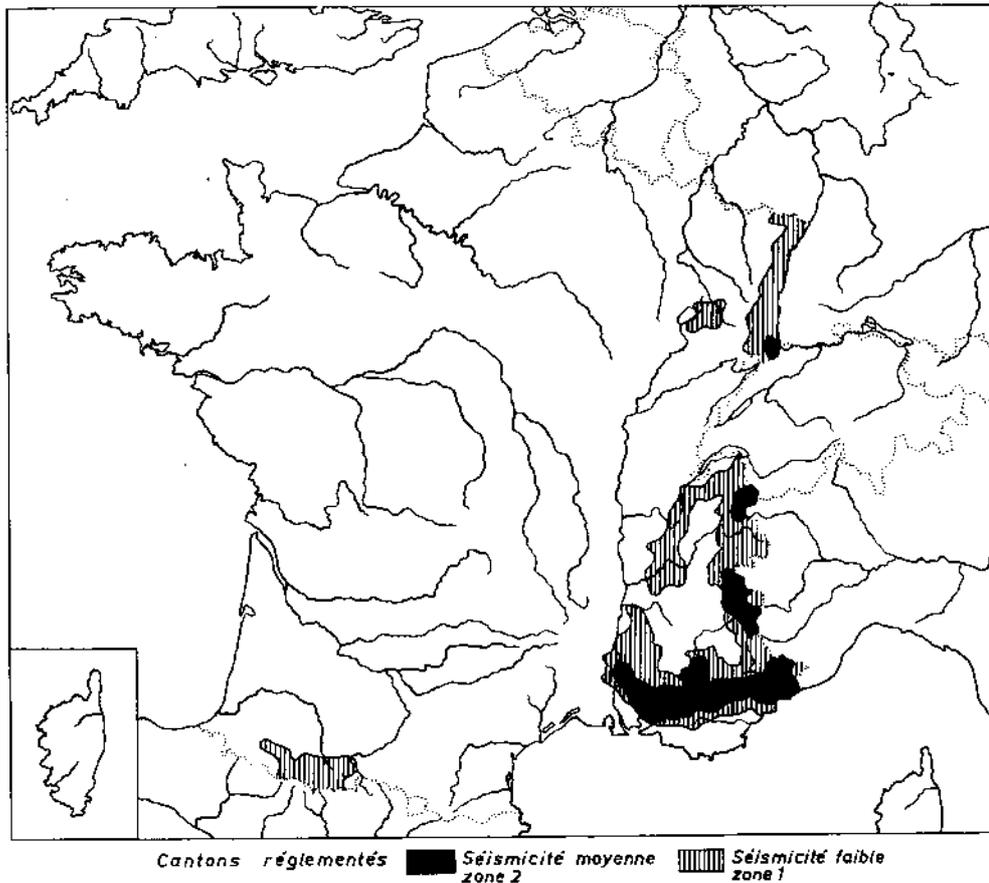


Figure 6

quelles des séismes d'intensité maxima donnée (6, 7, 8 et plus) sont susceptibles de se produire et dans lesquelles, par conséquent, des mesures de précaution sont susceptibles d'être prises dans le domaine de la construction.

Il est bien évident que dans l'établissement de telles cartes nous devons être très prudents ; des surprises restent possibles et ces surprises risquent d'être tragiques. Montessus de Ballore qui avait amassé une documentation portant sur plus de 150.000 séismes, consacrant sa vie à l'étude de la séismicité du globe, n'écrivait-il pas en 1906 que la Provence pouvait être considérée comme une région aséismique : 3 ans plus tard, survenait dans cette région même le plus grave tremblement de terre que nous ayons enregistré en France. Inversement, le fossé rhénan n'a plus connu de grand séisme destructeur depuis celui qui ravagea Bâle en 1356 et dont le souvenir est conservé par des inscriptions dans les églises. Rien pourtant ne permet d'affirmer qu'il ne s'en produira plus.

L'attention doit être particulièrement attirée sur la zone qui s'étend d'Avignon à la frontière italienne et qui est jalonnée par les séismes d'Avignon (1799), Carpentras (1738), Beaumont (1812), Lambesc (1227, 1909), Manosque (1708), Chasteuil (1855, 1951) et les nombreuses secousses des Alpes Maritimes. Par contre, immédiatement au Sud de cette zone, les Maures et l'Estérel doivent être considérés comme aséismiques.

### CARTE DES CANTONS RÉGLEMENTÉS (figure 6)

Un code de constructions paraséismiques doit s'accompagner d'une liste des localités où la réglementation doit être obligatoirement appliquée. C'est alors qu'interviennent les considérations d'ordre économique : une construction paraséismique coûte plus chère qu'une construction ordinaire. Nous devons donc chercher à limiter le plus possible l'étendue des zones réglementées.

La commission qui, en France, a eu à débattre de cette question, comprenait aussi bien des ingénieurs, des architectes, des séismologues que des représentants des Ministères intéressés.

En tenant compte de la fréquence des secousses d'une part, de considérations géologiques d'autre part, nous avons demandé aux autorités officielles l'application de la réglementation dans un certain nombre de cantons (pris comme unités administratives). Ces cantons sont représentés sur la figure 6.

On voit que la surface réglementée ne représente qu'une faible partie du territoire français. Dans le Sud-Est de la France, la répartition des cantons en trois catégories (séismicité nulle, faible, moyenne) est directement inspirée par la carte des intensités maxima probables. Les zones réglementées comprennent encore quelques cantons dans la partie centrale des Pyrénées, la région de Plombières-Remiremont dans les Vosges et le fossé rhénan. Par contre, les vieux massifs (Bretagne, Normandie, Vendée, Massif-Central, ont été laissés en dehors des zones réglementées, la fréquence des secousses importantes y étant partout faible et l'âge des principaux phénomènes orogéniques très ancien (plissement hercynien).

### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. - *Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 2<sup>e</sup> partie, Séismologie, 1919-1935 ; *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 2<sup>e</sup> partie, Séismologie, 1936-1939.
2. - ROTHE J. P. et DECHEVOY N. - La Séismicité de la France de 1940 à 1950, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, t. VII, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, 1954, pp. 1-39.
3. - ROTHE J. P. et DECHEVOY N. - La Séismicité de la France de 1951 à 1960, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, t. VIII, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, 1967, pp. 19-84.
4. - PERREY A. - Mémoire sur les tremblements de terre ressentis en France, en Belgique et en Hollande (depuis le quatrième siècle de l'Ere Chrétienne jusqu'à nos jours, 1843 inclus), *Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers, Ac. Sciences Belgique*, t. XVIII, Bruxelles 1844, pp. 1-110.
5. - ROTHE J. P. - Les Séismes des Alpes françaises en 1938 et la séismicité des Alpes occidentales, *Annales Inst. Phys. Globe Strasbourg*, t. III, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, Mende 1941, pp. 1-105.
6. - Archives du Bureau central séismologique français, Institut de physique du Globe de Strasbourg.

# LA SÉISMICITÉ DU FOSSÉ RHÉNAV(1)

PAR W. HILLER, J. P. ROTHÉ ET G. SCHNEIDER

Dans l'Europe extra-alpine le Fossé rhénan et les régions voisines offrent aux séismologues aussi bien qu'aux tectoniciens un terrain d'étude particulièrement intéressant. Nos recherches ont pour objet l'activité séismique au cours du dernier millénaire, période qui reste évidemment très petite au regard des phénomènes géologiques. Aussi peut-on se demander si cette courte période est suffisante pour mettre en évidence les particularités ou même les lois de la répartition des foyers dans le temps et dans l'espace.

Dans sa partie nord le Fossé rhénan se distingue nettement par son activité séismique des régions qui l'encadrent à l'Ouest et à l'Est - régions qui présentent l'une et l'autre une activité séismique très faible. Dans sa partie sud, par contre, le Fossé forme une sorte d'axe de symétrie pour une zone séismique qui, à travers les Vosges cristallines et la Forêt-Noire méridionale, s'étend de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) à l'Ouest jusqu'au lac de Constance et au Jura Souabe occidental, à l'Est.

## L'ACTIVITÉ SÉISMIQUE SUR LE POURTOUR DU FOSSÉ

Le massif schisteux rhénan montre une activité séismique le long de sa bordure sud à la retombée du Taunus et plus faiblement dans la région de Birkenfeld à la zone de passage entre le Hunsrück et le bassin de la Sarre-Nahe ; cette activité est marquée par de nombreuses secousses dont l'intensité atteint à peine le degré 5 et dont la surface macroséismique est généralement très petite, ce qui conduit à penser que la profondeur des foyers est seulement de quelques kilomètres. L'activité séismique le long du Rhin au Nord de Bingen et le long du cours inférieur de la Moselle forme la liaison avec la zone très active du bassin du Rhin inférieur.

Le bassin de la Sarre-Nahe qui recoupe le fossé en direction WSW-ENE est pratiquement aséismique en dehors du fossé. La Haardt, les Vosges du Nord et le plateau lorrain sont également très pauvres en foyers séismiques. Le séisme de Bitche en 1798 est une exception.

Au Sud, s'étend en direction varisque une zone d'activité séismique qui traverse le fossé. Le socle cristallin des Vosges et surtout de la Forêt Noire méridionale montre une activité séismique notable. Cette activité se caractérise par des séismes dont l'intensité atteint fréquemment le degré 6 et dont la zone macroséismique est généralement très étendue ; les calculs aussi bien macroséismiques que microséismiques conduisent à des profondeurs de foyers voisines de 20 km.

A l'Ouest des Vosges les zones séismiques (régions de Remiremont, Plombières et de Bourbonne-les-Bains) sont liées à des affleurements de roches cristallines qui se caractérisent par ailleurs par une radioactivité élevée. Le foyer du grand séisme de 1682 destructeur à Remiremont mérite d'être signalé spécialement.

Dans le Nord de la Forêt Noire il convient d'attirer l'attention sur les foyers de la Hornisgrinde et du fossé de Freudensadt.

A l'Est du Kraichgau, de l'Odenwald et du Bassin de Mayence s'étendent des régions aséismiques qui sont constituées par les couches mésozoïques de Franconie.

-----  
(1) Texte français de la communication présentée par les auteurs à la réunion consacrée à l'étude du fossé rhénan et organisée par la Deutsche Forschungsgemeinschaft (Wiesloch, avril 1966).

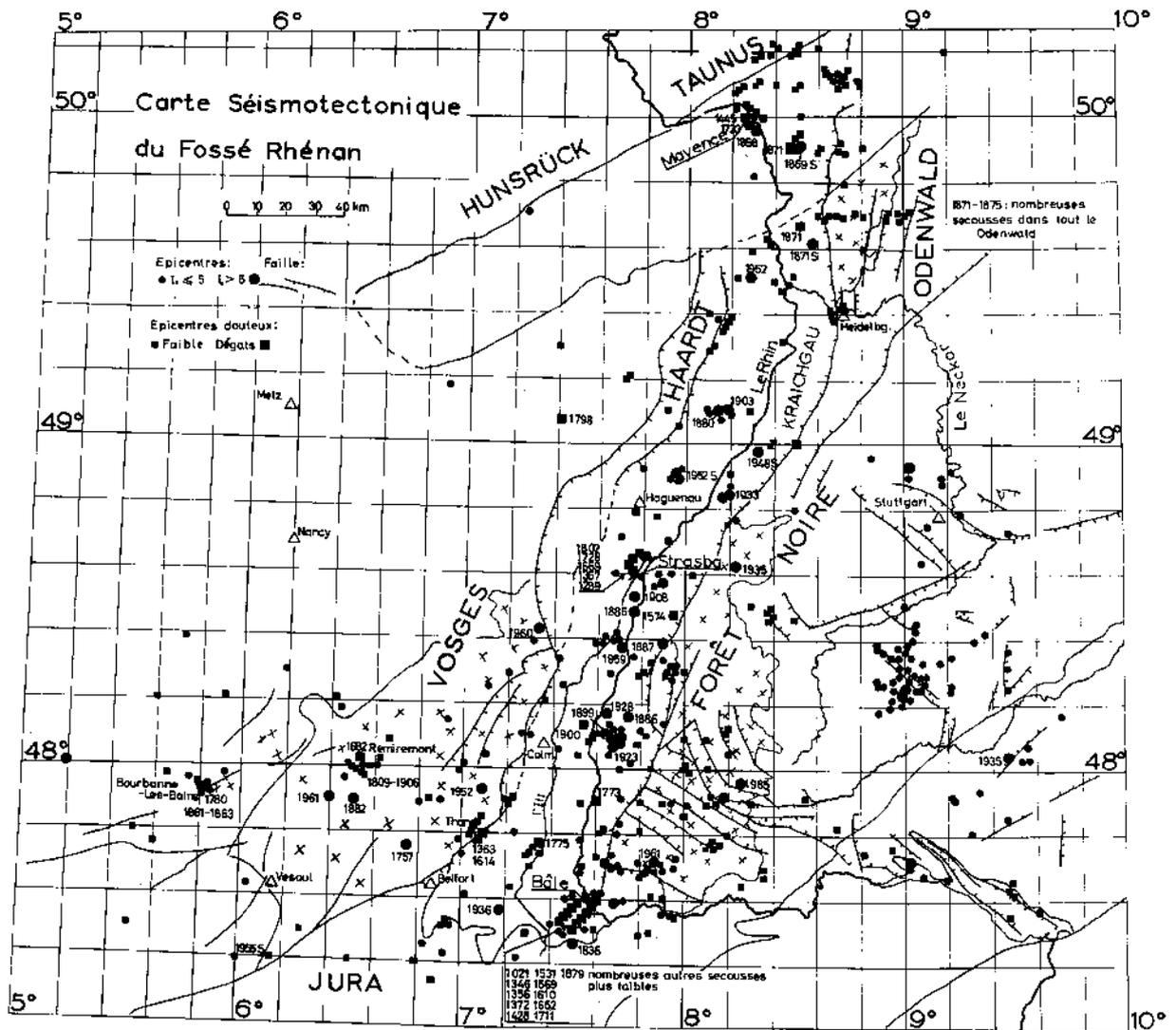


Figure 1 - Carte des épicentres du fossé rhénan et des régions voisines.

### L'ACTIVITÉ SÉISMIQUE DU FOSSÉ (figure 1)

Si on considère la répartition des foyers dans l'ensemble du Fossé, on constate que l'axe ainsi que la bordure faillée orientale sont plus actifs que la faille principale occidentale. Le phénomène est particulièrement net dans la partie médiane du fossé.

On constate aussi du Nord au Sud une alternance de zones plus ou moins actives. A l'extrémité sud, la région de Bâle est dans l'histoire sismique de l'Europe centrale celle qui est la plus riche en foyers destructeurs : le tremblement de terre de 1356 qui a entraîné la perte de 300 vies humaines est célèbre ; la carte sismotectonique montre qu'il ne s'agit pas d'un cas isolé.

En plus des séismes dont les épicentres ont été cartographiés et qui ont causé des dégâts, de nombreuses autres secousses plus faibles ont leur siège dans cette région.

Sur le bord gauche du fossé, il faut noter la possibilité de quelques foyers dans la région de Thann, exactement sur la faille rhénane. Thann a subi des dégâts en 1363 et en 1614.

Du côté droit du fossé, le Kaiserstuhl a été le siège de quelques secousses qui ont causé des dégâts ; l'activité est liée à la tectonique de failles qui a suivi la surrection du massif volcanique .

Au Nord du Brisgau, l'activité diminue pour augmenter à nouveau dans le champ de fractures de Lahr et dans la région que les géologues-pétroliers désignent sous le nom de "seuil d'Erstein". On remarquera que cette région forme le prolongement en direction varisque de la zone active Bourbonne-les-Bains-Plombières-Remiremont.

Les environs de Strasbourg et de Kehl montrent aussi une activité notable. La ville de Strasbourg a eu à différentes occasions à souffrir de séismes, en particulier pendant et après la construction de la cathédrale.

Vers le Nord en Basse Alsace, la région de Seltz sur la rive gauche, celle de Rastatt sur la rive droite présentent une certaine activité.

Au voisinage de Karlsruhe, les séismes ne sont pas rares ; sur la rive gauche on peut y associer les foyers de Kandel dans le Palatinat.

A l'intérieur du fossé, la zone synclinale du Kraichgau se distingue par son aséismicité, du moins pendant toute la période d'observation.

A partir de Heidelberg l'activité sismique augmente à nouveau dans l'Odenwald où les épicentres se trouvent dans le socle cristallin et dans l'avant-pays rhénan.

La région de Gross-Gerau constitue une zone de forte activité, marquée par l'essai de secousses de 1869, qui comportait plusieurs séismes destructeurs et de nombreuses répliques. Les épicentres se trouvent non seulement dans le fossé et le long de la grande faille ("Bergstrasse") mais aussi à l'intérieur du cristallin de l'Odenwald, en particulier suivant la vallée de Reichenbach.

Dans le bassin de Mayence les chocs destructeurs sont localisés aux environs de Mayence tandis que les environs de la ville de Francfort sont le siège de secousses relativement fréquentes mais faibles.

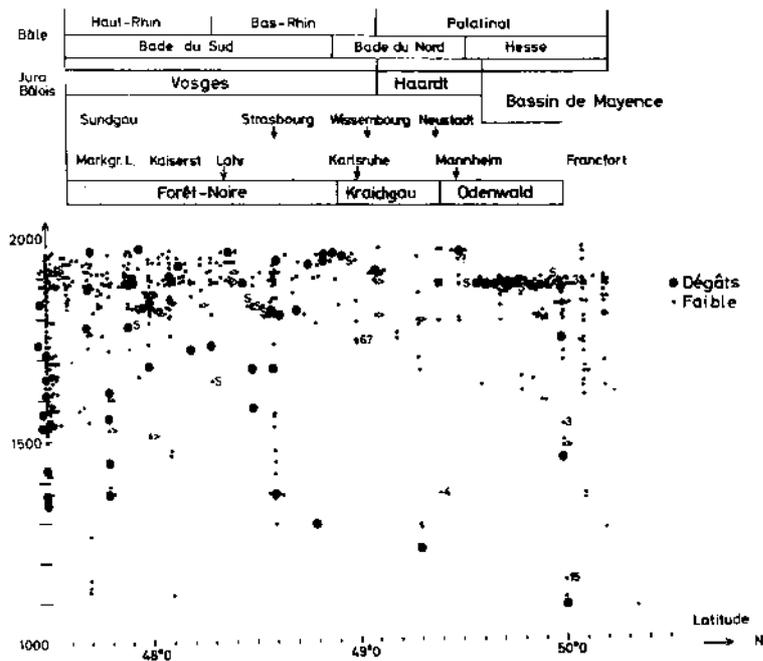


Figure 2 - Répartition chronologique de l'activité sismique dans le fossé rhénan.

### CARTES ISOSÉISTES

De nombreuses cartes isoséistes ont été publiées. On ne les analysera pas ici en détail. On rappellera seulement qu'elles traduisent souvent une propagation très hétérogène des ondes sismiques à travers le fossé rhénan. A noter en particulier les cartes publiées par J. Lacoste à l'occasion du séisme de Rastatt (8 février 1933), cartes qui montrent nettement l'influence de la structure profonde du fossé sur la répartition des intensités en surface. A noter aussi le fait intéressant que lors du séisme du 7 octobre 1930, dont l'épicentre se trouvait dans le Tyrol, 13 des 17 communes du département du Bas-Rhin qui avaient ressenti la secousse se trouvaient situées sur la grande "faille vosgienne" ou à son voisinage immédiat. On peut penser qu'il s'agit là d'un phénomène de relai, la faille vosgienne jouant légèrement en relation avec une rupture d'équilibre de masses plus éloignées.

### REPARTITION CHRONOLOGIQUE DE L'ACTIVITÉ SÉISMIQUE (figure 2)

Tandis que la partie sud du fossé montre une activité sismique régulièrement répartie dans le temps, dans la partie Nord au contraire l'activité est essentiellement liée à l'essaim de Gross-Gerau, ce qui entraîne une répartition très irrégulière ; cette constatation signifie que l'intervalle de temps sur lequel portent les observations est beaucoup trop court pour que puisse être mise en évidence une périodicité de l'activité.

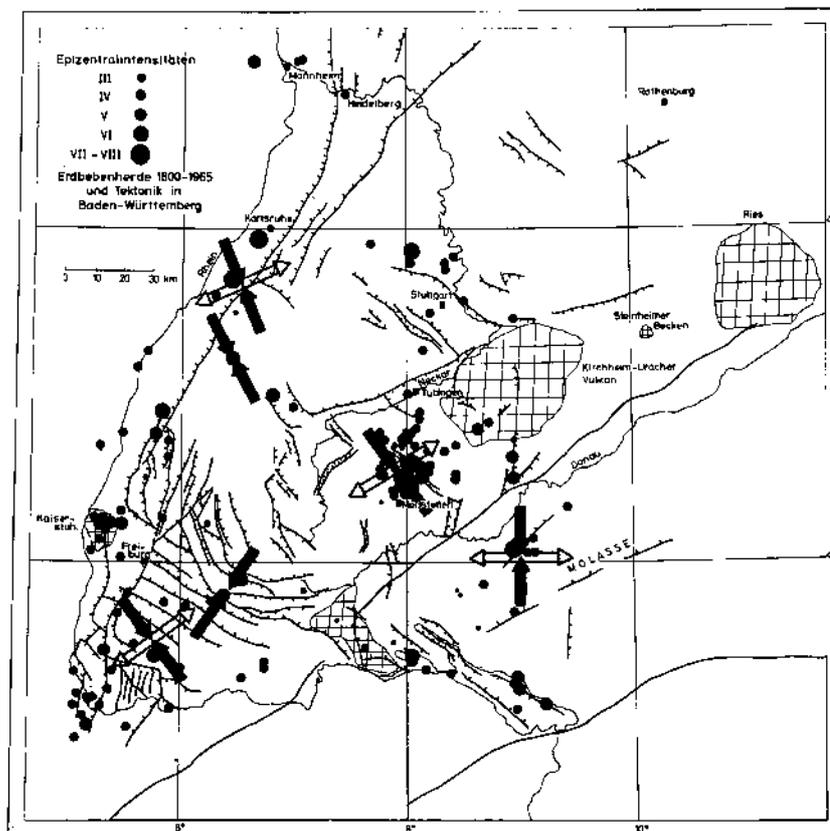


Figure 3 - Mécanisme aux foyers.

### MÉCANISME AUX FOYERS (figure 3)

1/ L'étude de quelques séismes récents du fossé rhénan montre que à côté de mouvements verticaux subsistent encore aujourd'hui des mouvements de cisaillements horizontaux. Ce fait est en concordance avec les travaux d'Illies (1965) qui a établi que le fossé rhénan est le résultat d'une combinaison de mouvements horizontaux et verticaux.

2/ Les directions des tensions principales déterminées par la méthode habituelle de mécanisme au foyer montrent une force de pression agissant en direction Nord-Sud.

3/ Le séisme de Birkenfeld étudié par Ahorner montre la même répartition des forces au foyer que les secousses dans les Alpes calcaires du Tyrol. On peut en déduire que cette secousse est liée à un mouvement de chevauchement dans la zone de contact entre le dévonien et le permien sur le bord du massif schisteux rhénan.

### CONCLUSIONS

L'examen de la carte générale d'épicentres amène à conclure que le fossé rhénan et en particulier les grandes failles de bordure ne se manifestent pas d'une manière nette par leur activité sismique. Au contraire, du moins dans la partie sud du fossé, il semble que la tectonique hercynienne en direction SW-NE apparaisse plus clairement aujourd'hui encore que la tectonique rhénane proprement dite.

### BIBLIOGRAPHIE

- AHORNER L., 1962 - Das Erdbeben im Saar-Nahe-Becken am 17. August 1960, *Sonderveröffentl. Geol. Inst. Univ. Köln*, 7, 25 pp.
- ARCHIVES du Bureau Central sismologique français, Strasbourg, (Documentation extraite des périodiques suivants : L'Astronomie ; Bulletin sismologique du Bureau central météorologique de France ; Bull. Société astronomique de France ; Mémoires de l'Académie de Dijon ; Mémoires couronnés Académie Royale de Belgique ; Monatliche Mitteilungen der Hauptstation für Erdbebenforschung, Strassburg ; La Nature).
- BERCKHEMER H., 1964 - Das Erdbeben vom 10.2.1964 in Offenbach a. Main, *Notizbl. Hess. L. Amt Bodenforschung*, 92, p. 255-260.
- BÖSE E., 1898 - Das Erdbeben in der Gegend von Freiburg am 17. November 1891, *Verh. Naturw. Ver.*, Vol. XII.
- BOURLOT J., 1866 - Histoire des tremblements de terre ressentis en Alsace et dans le pays de Balle, Colmar, 50 p.
- CARLE W., 1955 - Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Grossscholle, *Beih. Geol. Jb.*, Heft 16, 272 p.
- COMITÉ NATIONAL DE GÉOGRAPHIE, 1957 - Atlas de France, planche n° 13.
- CORROY G., 1922 - Les Tremblements de Terre en Lorraine et leurs relations avec la Tectonique, Extr. du *Bull. de la Soc. des Sciences de Nancy*.
- FIEDLER G., 1954 - Die Erdbebenstätigkeit in Südwestdeutschland in den Jahren 1800-1950, Dissert. TH Stuttgart, 152 p.
- FOREL F.A., 1881 - Le tremblement de terre du 5 Décembre 1879, *Archives Genève*, 6, p. 470.
- FRUH J., 1896, 1897, 1901, 1904, 1909, 1910, etc. - Die Erdbeben der Schweiz im Jahre....., *Ann. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt*.
- GEYER O.F. und M.P. GWINNER, 1964 - Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg, Stuttgart, 223 p.
- GRUTTER M. et PETER E., 1956 - *Jahresbericht des Erdbebedienstes der Schweiz 1955*, Zürich, 26 pp.

- GUTENBERG B. und LANDSBERG H., 1930 - Das Taunusbeben vom 22. Januar 1930, *Gerlands Beitr.*, 26, p. 141-155.
- GUTENBERG B. und LANDSBERG H., 1930 - Das Taunusbeben vom 22. Januar 1930, *Nat. u. Museum* (1930), p. 1-6.
- HILLER W., 1936 - Seismische Berichte der Württembergischen Erdbebenwarten, Jahrgang 1935, Stuttgart 1936.
- ILLIES H., 1965 - Bauplan und Baugeschichte der Oberrheintalgrabens, *Oberrhein. geol. Abh.*, 14, pp. 1-54.
- INSTITUT für GEOPHYSIK ETH ZÜRICH, 1959 - *Jahresbericht 1957 des Schweizerischen Erdbeben-dienstes*, Zürich, 38 p.
- LACOSTE J., 1934 - Les Tremblements de terre en France en 1933, *Annuaire Inst. Phys. Globe, Strasbourg*, 1933, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende 1934, pp. 80-97.
- LAIS R., 1913 - Die Erdbeben des Kaiserstuhls, *Gerlands B.*, 12, p. 45-88.
- LANDSBERG H., 1931 - Das Saarbeben vom 1. April 1931, *Gerlands B.*, 31, p. 240-258.
- LANDSBERG H., 1931 - Der Erdbebenschwarm von Gross-Gerau 1869-1871, *Gerlands B.*, 31, p. 367-392.
- LANDSBERG H., 1933 - Zur Seismizität des Mainzer Beckens und seiner Randgebiete, *Gerlands B.*, 38, p. 167-171.
- LANGENBECK R., 1892 - Die Erdbebenercheinungen in der Oberrheinischen Tiefebene und ihrer Umgebung, *Geogr. Abh. Els.-Lothr.*, Erstes Heft, pp. 1-120.
- LAUSCHER H., 1962 - Erdbeben und Tektonik in Rheintal, *Verh. Naturf. Ges. Basel*, 73, pp. 282-289.
- LEMOINE P., 1912 - Les Tremblements de Terre du Bassin de Paris ; leur relation avec les accidents tectoniques, Extr. du *Bulletin de la Société Géol. de France*, 4<sup>e</sup> Série, t. XI, pp. 341-412, année 1911.
- MONTANDON F., 1953 - Les tremblements de terre destructeurs en Europe, Catalogue par territoires séismiques de l'an 1000 à 1940, Genève, 195 p.
- NOEGGERATH J., 1870 - Erdbeben im Rheingebiet, *Verh. Naturw. Ver. Rheinland und Westfalen*, 27, 132 p.
- ODDONE E., 1907 - Les tremblements de terre ressentis pendant l'année 1904, *Publ. Bur. Centr. Ass. Int. Sism.*, Série B, Catalogues, Strasbourg, 361 p.
- PERREY A., 1844 - Mémoire sur les tremblements de terre dans le bassin du Rhin, *Acad. Roy. Belg.*, Vol. 19, (*Mém. Cour. et Mém. Sav. étr.*), 113 pp.
- ROTHÉ E., 1926 - Les Tremblements de terre en France, *Matériaux pour l'étude des Calamités*, n° 9, p. 3-47.
- ROTHÉ J.P., 1931 - Les Tremblements de Terre en France en 1930, *Annuaire Inst. Phys. du Globe, Strasbourg*, 1930, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende, pp. 93-95.
- ROTHÉ J.P., 1934 - Note sur l'extension du séisme de Rastatt, *Annuaire Inst. Phys. du Globe, Strasbourg*, 1933, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende, pp., 119-120.
- ROTHÉ J.P., 1938 - Le séisme du 27 juin 1935, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, 1935, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende pp. 103-111.
- ROTHÉ J.P., 1938 + 1939 - Le double séisme du 30 Décembre 1935, *Ann. Inst. Phys. du Globe Strasbourg*, 1935, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende 1938, pp. 112-115, id. 1936, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, Mende, pp. 84-92.
- ROTHÉ J.P. et DECHEVOY N., 1954 - La Séismicité de la France de 1940 à 1950, *Ann. Inst. Phys. Globe, Strasbourg*, t. VII, 3<sup>e</sup> partie (Géophysique), Le Puy, pp. 1-39.
- RUDOLPH E., 1905 - Katalog der im Jahre 1903 bekannt gewordenen Erdbeben. Leipzig, 674 p.
- SCHEU E., 1911 - Catalogue régional des tremblements de terre ressentis pendant l'année 1906, *Publ. Bur. Centr. Ass. Intern. Sism.*, Série B, Catalogues, Strasbourg, 112 pp.
- SCHEU E., et LAIS R., 1912 - Catalogue régional des tremblements de terre ressentis pendant l'année 1907, *Publ. Bur. Centr. Ass. Intern. Sism.*, Série B, Catalogues, Strasbourg, 123 + 48 pp.

- SCHNEIDER G., 1964, 1965 - Seismischer Jahresbericht 1963, 1964, *Veröffentl. Landeserdbebendienst Baden-Württemberg*, Stuttgart, 62 p., 49 p.
- SCHNEIDER G., 1964 - Die Erdbebentätigkeit in Baden-Württemberg 1955-1962, *Veröffentl. Landeserdbebendienst Baden-Württemberg*, Stuttgart, 46 p.
- SIEBERG A., 1911 - Monatliche Übersicht über die seismische Tätigkeit der Erdrinde, n° 11, 7 pp., Strasbourg.
- SIEBERG A., 1917 - Catalogue régional des tremblements de terre ressentis pendant l'année 1908, *Publ. Bur. Central Ass. Intern. de Séismologie*, Série B, catalogues, Strasbourg, 194 pp.
- SIEBERG A., 1932 - Erdbebengeographie, in *Handbuch der Geophysik*, Vol. IV, Berlin, 1202 pp.
- SIEBERG A., 1940 - Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 58 bis 1799, *Mitt. Deutsch. Reichs-Erdbebend.*, Heft 2, 112 p.
- SIEBERG A., 1940a - Erdbebenkatalog Deutschlands für die Jahre 1935 bis 1939, *Mitt. Deutsch. Reichs-Erdbebend.*, Heft 1, 28 p.
- SPONHEUER W., 1952 - Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 1800-1899, *Mitt. des Deutsch. Erdbebend.* Heft 3, 195 p.
- SPONHEUER W., 1958 - Die Tiefen der Erdbebenherde in Deutschland auf Grund makroseismischer Berechnungen, *Ann. dt. Geof.*, 11, p. 157-167.
- SPONHEUER W., 1962 - Untersuchung zur Seismizität von Deutschland, *Ver. Inst. Bodendyn. u. Erdbebenf.* Jena, Heft 72, p. 23-54.
- SPONHEUER W., 1966 - Erdbebenkatalog Deutschlands und seiner Nachbargebiete für die Jahre 1900-1935 (Sous presse).
- SZIRTES S., 1910 - Katalog der im Jahre 1906 registrierten seismischen Störungen, 1 Teil, *Publ. Bur. Centr. Ass. Int. Sism.*, Série B, Catalogues, Strasbourg.
- UHRY A., 1913 - Le tremblement de terre de Plombières-Remiremont (1682), *Annales de Géographie*, t. XXII, Paris, pp. 300-309.
- WECHSLER H., 1955 - Die Erdbebentätigkeit in Südwestdeutschland in den Jahren 1938-1954, Diplomarbeit TH Stuttgart, 110 pp.



# LA SÉISMICITÉ DE LA FRANCE DE 1951 A 1960

PAR MM. J. P. ROTHÉ ET N. DECHEVOY

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

## INTRODUCTION

La présente publication rassemble la documentation recueillie sur les séismes ressentis en France pendant la décade 1951-1960 ; cette documentation vient s'ajouter aux renseignements publiés dans chacun des fascicules de l'Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (2<sup>e</sup> partie, Séismologie) pour les années 1919 à 1935, dans les fascicules des Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (2<sup>e</sup> partie, Séismologie) pour les années 1936 à 1939 et dans le tome 7 de ces Annales (3<sup>e</sup> partie, Géophysique) pour la période 1940 à 1950.

L'étude des séismes en France a été menée tant par le dépouillement des renseignements macroséismiques que par l'analyse des enregistrements microséismiques.

Les renseignements macroséismiques rassemblés par le *Bureau Central sismologique français* (B. C. S. F.) sont extraits d'une part des cartes spéciales expédiées immédiatement après les secousses par les observateurs des stations de la Météorologie nationale et d'autre part des questionnaires envoyés par le B. C. S. F. aux maires des communes par l'intermédiaire des Préfectures. Nous tenons à remercier la Météorologie nationale et les services préfectoraux de leur aimable et efficace collaboration.

En raison de l'abondance de la documentation recueillie, le dépouillement complet des questionnaires conservés dans les archives du B. C. S. F. n'a pu être reproduit. Par contre, nous avons cherché à publier des cartes isoséistes aussi nombreuses que possible, le tracé de ces cartes restant un moyen précieux pour la détermination des épicentres et, par suite, pour l'interprétation des phases des séismogrammes.

L'analyse des enregistrements microséismiques a fait l'objet d'une étude systématique en utilisant le programme mis au point sur ordinateur par le Centre de Calcul de la Faculté des Sciences de Strasbourg. Ce programme comporte l'emploi des "tables d'Haslach" établies par J. P. Rothé et E. Peterschmitt<sup>(1)</sup>. Suivant les phases utilisées plusieurs déterminations différentes sont possibles pour un même séisme. On trouvera plus loin les résultats des calculs effectués sur les données de 25 séismes (coordonnées du foyer, heure origine ; marge d'erreur sur chaque résultat).

## PROFONDEUR DES FOYERS ; MAGNITUDE

La *profondeur* d'un foyer est un élément capital à déterminer pour une détermination séismo-tectonique complète. Malheureusement les méthodes proposées restent imprécises.

Nous avons utilisé la formule de Gutenberg basée sur les observations macroséismiques. Si  $R$  est le rayon de la surface macroséismique et  $I_0$  l'intensité maxima, la profondeur  $h$  du foyer peut être déduite de la formule :

-----  
(1) J. P. Rothé et E. Peterschmitt, Etude séismique des explosions d'Haslach, *Ann. Inst. Phys. Globe Strasbourg*, 3<sup>e</sup> partie Géophysique, t. IV, Strasbourg 1950, p. 13-33.

J. P. Rothé et E. Peterschmitt, Application of the Haslach Tables to the Electronic calculation of european epicenters, *Proceed. VESJAC Special Study Conf.*, Report 4410-99-X, Geophysics Laboratory, University of Michigan, Ann. Arbor, 1966, pp. 151-163.

$$\frac{R}{h} = \sqrt{10^{\frac{I_0-1}{3}} - 1} \quad (1)$$

Cette formule ne peut fournir pour la profondeur qu'un ordre de grandeur.

La *magnitude*, chiffre qui caractérise l'énergie développée au foyer d'un séisme, est un élément intéressant, mais difficile à calculer.

Nous avons essayé de déterminer la magnitude des principaux séismes ressentis en France pendant la décade 1951-1960 ; deux méthodes peuvent être utilisées.

#### 1 - Méthode microséismique

Nous avons utilisé les enregistrements obtenus à Strasbourg sur les deux composantes horizontales du séismographe De Quervain-Piccard (19 Tonnes,  $T_0 = 2$  s.,  $V_0 = 1000$ ). Les lectures  $x$  en mm de l'amplitude maximum lue sur cet appareil ont été reconverties en lectures  $X$  en mm rapportées à l'appareil standard Anderson et Wood ( $T_0 = 0,8$  s.,  $V_0 = 2800$ ) par la formule  $X = x \frac{V_A}{V_q}$ ,  $V_A$  et  $V_q$  étant les grandissements respectifs de l'appareil Wood et Anderson et du séismographe De Quervain pour la période considérée. Utilisant le nomogramme classique de Nordquist<sup>(1)</sup> on a, en fonction de la distance épacentrale  $\Delta$  et de  $X$ , calculé la magnitude. Au chiffre obtenu on a appliqué une correction de station constante et égale à  $-0,4$ .

#### 2 - Méthode macroséismique

Plusieurs formules ont été proposées par V. Karnik pour déterminer la magnitude  $M$  à partir de l'intensité maxima observée.

a) Formule simplifiée :

$$MM = 0,63 I_0 + 0,5 \quad I_0 \text{ intensité maxima} \quad (2)$$

b) Formule faisant intervenir la profondeur  $h$  déduite de l'équation 1 ci-dessus :

$$MM = 0,5 I_0 + \log h + 0,35 \quad (3)$$

Nous avons appliqué ces diverses méthodes à 34 des séismes de notre catalogue et constaté que la magnitude microséismique  $Mm$  était plus faible que la magnitude macroséismique  $MM$  (formule 3) pour les séismes proches (distances épacentrales inférieures à 200 km) et au contraire plus forte pour des distances épacentrales supérieures à 400 km.  $Mm - MM$  varie linéairement en fonction de la distance épacentrale passant de  $-0,8$  à 50 km à  $+1,1$  à 900 km.

Comme  $MM$  ne dépend pas de la distance épacentrale, on doit en conclure que le nomogramme de Nordquist permettant de calculer  $Mm$  ne peut être appliqué aux séismes d'Europe occidentale.

Dans le tableau suivant on a indiqué pour les principaux séismes de la décade 1951-1960 l'intensité maxima  $I_0$ , le rayon de la surface macroséismique  $R$ , la profondeur  $h$  déduite de la formule 1 (le cas échéant moyenne des valeurs fournies en considérant  $R$  et  $r_0$ ),  $MM$  la magnitude macroséismique déduite de la formule 3 (le cas échéant moyenne de plusieurs valeurs). Il est entendu que les valeurs indiquées pour  $h$  et pour  $MM$  ne représentent qu'un ordre de grandeur.

Numéro du ca-catalogue	Date	$I_0$	$R$ km	$h$ km	$MM$	Autres déterminations de magnitude
4	14 mars 1951	7-8	180	18	5,3	6,0 [1] ; 5,2 [2] ; 5,4 [3]
10	30 novembre 1951	7-8	37	4	4,7	4,6 [3]
16	7 février 1952	6-7	28	4	4,2	3,8 [3]
18	24 février 1952	7	200	24	5,2	4,3 [3] ; 4,0 [4]
21	5 avril 1952	7	50	6	4,7	4,0 [3]
27	8 juin 1952	7-8	13	2	4,3	3,5 [3]

(1) B. GUTENBERG et C.F. RICHTER - Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, *Bull. Seismol. Society of America*, vol. 32, 1942, p. 164.

30	30 juillet 1952	5-6	30	6	3,9	4,0 [3]
31a	29 septembre 1952	7	40	5	4,6	4,5 [1] ; 4,5 [2] ; 4,3 [3] ; 4,6 (Neuchâtel) ; 4,7 [4]
31b	8 octobre 1952	7	80	10	4,9	4,8 [1] ; 4,8 [2] ; 4,3 [3] ; 4,7 (Neuchâtel) ; 4,9 [4]
40	13 octobre 1953	7	50	6	4,7	
45	19 mai 1954	7-8	(160)	16	5,3	5,0 [3]
47	29 juillet 1954	6-7	150	22	4,9	4,8 [3]
52	7 janvier 1955	5	105	28	4,3	3,7 [3]
55	12 mai 1955	7	55	7	4,7	4,9 [3]
56	20 juin 1955	7	70	9	4,8	4,5 [3]
59	12 septembre 1955	5	52	14	4,0	
61	3 novembre 1955	5-6	16	7	3,7	
67	15 février 1956	6	45	8	4,3	
86	25 mars 1957	6-7	75	11	4,6	
82	29 août 1957	6	90	16	4,3	h = 6 ; M = 3,9 [5]
94	22 octobre 1957	5	60	16	4,0	
95	30 mars 1958	6-7	25	4	4,3	
96	4 mai 1958	6	140	25	4,7	
100	20 juillet 1958	6	150	27	4,8	
104	25 novembre 1958	7-8	(220)	22	5,2	4,5 (Prahá)
110	2 janvier 1959	7	340	41	5,4	5,2 (Prahá)
115	22 mars 1959	6	190	34	4,8	
116	5 avril 1959	8	100	8	5,3	5,5 (Uppsál) ; 5 1/4 (Prahá)
120	4 septembre 1959	7	22	3	4,3	3,4 [5] (trop faible ?)
133	28 janvier 1960	6	225	5	4,0	
136	23 mars 1960	7	(200)	24	5,2	5 1/4 (Collm) ; 4,6 (Prahá)
139	13 mai 1960	5-6	25	5	3,8	
141	19 juin 1960	5	(60)	16	4,0	
143	5 août 1960	5-6	31	6	4,0	

[1] V. KARNIK - Magnitudenbestimmung europäischer Nahbeben, Travaux de l'Institut Géophysique de l'Académie Tchécoslovaque des Sciences, N° 47, 1956, pp. 399-522.

[2] V. KARNIK - Catalogue manuscrit des séismes européens 1901-1955.

[3] V. KARNIK - Catalogue codé des séismes européens 1901-1955.

[4] H. WECHSLER - Die Erdbebetätigkeit in Südwestdeutschland in den Jahren 1938-1954, Stuttgart 1955.

[5] G. SCHNEIDER - Die Erdbeben in Baden-Württemberg, 1955-1962, Stuttgart, 1962.

#### La carte des épacentres (figure A).

147 secousses ou *essais* de secousses ont été étudiés dans l'ordre chronologique ; pour 101 d'entre elles nous avons indiqué l'épicentre avec des coordonnées au dixième de degré et pour 44 autres un épacentre approximatif, probablement à deux ou trois dixièmes de degré près.

Si on ne tient pas compte des 11 séismes ressentis en France mais dont les épacentres se trouvent hors des frontières, il reste 134 foyers en territoire français qu'on peut classer d'après les grandes régions sismotectoniques évoquées dans un autre article(1).

1 - *Massif armoricain et Nord du Massif Central* : la répartition de ces foyers apparaît clairement sur la carte figure A.

On mentionnera spécialement le grand séisme du 2 janvier 1959 (N° 110 ; réplique N° 111) ressenti dans tout l'Ouest de la France et jusqu'à Paris et dont le foyer à une quarantaine de kilomètres de profondeur se trouve sans doute en relation avec le grand accident tectonique de direction armoricaine, accident qui intéresse probablement toute l'épaisseur de la croûte constituant le socle armoricain.

(1) J. P. Rothé, Cartes de sismicité de la France, Annales Inst. Phys. Globe Strasbourg, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, t. VIII, 1967, p.3.

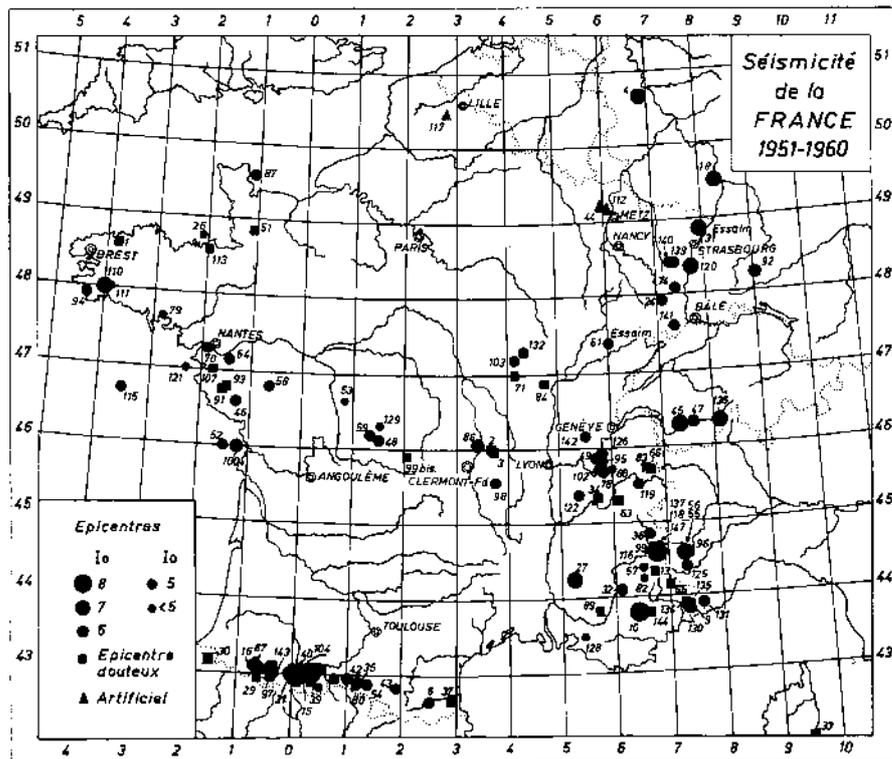


Figure A - Epicentres des séismes ressentis en France pendant la période 1951-1960.

Les numéros renvoient au catalogue détaillé ; pour les Pyrénées seuls ont été reportés sur la carte les numéros correspondant aux séismes les plus importants.

D'une manière générale, les foyers des séismes du massif armoricain sont relativement profonds : N° 52, 28 km ; N° 100, 27 km ; N° 115, 34 km ; N° 110, 41 km.

## 2 - Les Pyrénées

Des 134 foyers étudiés, 48 ont leur épicerentre dans les Pyrénées et plus spécialement sur le front nord-pyrénéen dont le rôle séismotectonique est ainsi confirmé. Comme nous l'avons déjà dit, la ligne Saint-Jean-Pied-de-Port - Aramits - Arudy - Ferrière - Campan - Saint-Béat-Castillon présente sur près de 200 kilomètres de longueur une activité séismique très notable qui atteint son maximum au Sud et Sud-Est de Bagnères. Le séisme du 25 novembre 1958 (N° 104) a été particulièrement important.

## 3 - Les Alpes

Comme d'habitude on peut distinguer :

- a) les séismes pré-alpins, particulièrement fréquents en Chautagne (N° 49, 78, 95, 102, 126) ; à mentionner également le foyer des Terres Froides (N° 122) et celui des Baronnies (N° 27) ;
- b) les séismes de l'arc séismique briançonnais dont le plus important s'est produit dans la Haute-Ubaye le 5 avril 1959 (N° 116). On trouvera plus loin une étude détaillée de ce séisme ;
- c) les séismes de l'arc piémontais en territoire italien (N° 55, 56, 96, 125).

## 4 - Les fossés de type "Rift"

Le foyer de l'important séisme du 25 mars 1957 (N° 86) est en relation probable avec la faille qui borde à l'Est le fossé de la Limagne d'Allier ; les foyers 31, 74, 120 et 141 sont la manifestation de l'activité du "Rift" rhénan et de sa bordure méridionale (Jura alsacien).

5 - Les autres épicentres sont dispersés dans diverses régions où les séismes sont rares : N° 24, 139 et 140 (Vosges cristallines), N° 61 (détroit morvanovosgien), N° 142 (Jura).

On notera encore que pendant la décade étudiée trois des foyers séismiques ont été le siège de nombreuses secousses successives ; ce sont les *essais* de Basse-Alsace (n° 31), de Haute Saône (N° 60-62) et de Peille, dans les Alpes Maritimes (N° 130) ; nous leur avons consacré des études spéciales.

Comme pendant la décade précédente, les deux grands bassins sédimentaires (bassin de Paris et bassin d'Aquitaine) sont restés complètement aséismiques.

D'une manière générale, la répartition géographique des épicentres pendant la période 1951-1960 confirme les constatations antérieures quant à la sismicité des différentes régions françaises.

CATALOGUE GENERAL DES SEISMES RESSENTIS OU ENREGISTRES ET AYANT LEUR EPICENTRE EN  
FRANCE OU DANS LES REGIONS LIMITOPHES

1. - 23 janvier 1951 à 01 h. 50 mn. - Bretagne : vers 48°7 N, 3°9 W.

Choc local, ressenti III à Morlaix (Finistère) et Guingamp (Côtes du Nord). Pas d'inscriptions dans les stations sismologiques françaises.

2. - 27 février 1951 à 14 h. 21 mn. et 16 h. 30 mn. - Allier : vers 46°0 N, 3°6 E.

2 chocs locaux probablement ressentis 2-3 à la Guillermie (46°00' N, 3°39' E).

3. - 28 février 1951 à 17 h. 29 mn. - Allier : vers 46°0 N, 3°6 E.

Réplique des séismes précédents, ressentie 2-3 à la Guillermie.

4. - 14 mars 1951 à 09 h. 46 mn. 58 s. - Allemagne Occidentale : 50°40' N, 6°50' E.

Ce séisme, originaire d'Allemagne occidentale, comme celui du 8 mars 1950, a été signalé sur une vaste portion du territoire français, intéressant 9 départements du Nord-Est et de l'Est. Le dépouillement des questionnaires, en provenance de 182 localités, a permis de tracer approximativement les limites de son extension en France. La courbe limitant l'aire macroséismique, assez régulière, correspond à un rayon d'environ 180 km ; cette courbe est jalonnée par les localités suivantes où la secousse a été faiblement ressentie : Rocroi (Ardennes), Le Chesne (Ardennes), Longuyon (Meurthe et Moselle), Metz et Sarreguemines (Moselle). On a noté l'intensité 5 à Sedan (Ardennes) et à Cattenom (Moselle), 4 à Flize, Oumont, Rocroi (Ardennes), Bouzonville, Sarrebourg, Thionville (Moselle). En outre, la secousse a été signalée à Nancy, dans la région parisienne et en Alsace, en particulier à Strasbourg où l'épaisse couche d'alluvions de la vallée du Rhin favorise généralement la perception des secousses éloignées. Le foyer (50°40' N, 6°50' E) était voisin de celui de la secousse du 8 mars 1950 et était situé sur la faille qui sépare le massif schisteux Rhénan du bassin de Cologne ; d'après certaines nouvelles de Presse, la secousse de 1951 a causé 120 millions de francs de dégâts dans le district d'Euskirchen ; à Arloff des enfants furent blessés par la chute d'une haute cheminée et à Mechernich plusieurs maisons se sont effondrées.

La secousse a été enregistrée par 52 stations (en particulier Tamarassat, College, Pretoria et Pasadena). La magnitude du séisme a été évaluée à 5,2 (Karnik, Europe and Mediterranean catalogue of Earthquake, 1901-1955). Deux études ont été publiées (Prof. Dr. M. Schwarzbach, Die Erdbeben des Rheinlandes, Kölner geologische Hefte ; Heft 1, Köln, 1951, p. 11, 12, 13, 21 ; H. Berg, Das Rheinlandbeben bei Euskirchen vom 14. März 1951, Geofisica pura e applicata, T. 24, 1953, pp. 57-67). Voir aussi : I.S.S., 1951, p. 212-213.

4 bis. - 15 mai 1951, à 22 h. 54 mn. - Italie du Nord (45°3 N, 9°5 E).

Important séisme dans la plaine du Pô, ressenti en quelques points du territoire français à la Grande Chartreuse (Isère), II-III à Cannes (Alpes-Maritimes) et à Strasbourg (Bas-Rhin). Ces points se trouvent respectivement à 290 km, 280 km et 395 km de l'épicentre.

5. - 30 juin 1951 vers 03 h. 45 mn. - Queyras : vers 44°5 N, 6°8 E.

A la suite d'une publication dans le "Méditerranéen" et le "Provençal" indiquant que la terre avait tremblé à Barcelonnette vers 03 h. 45 mn. (T.M.G.) le 30 juin, une enquête n'a fourni que trois réponses positives (sur 42 questionnaires) : intensité 3 à Barcelonnette (Basses-Alpes) et à l'Argentière-la-Bessée (Hautes-Alpes), 2 à Briançon. L'épicentre, peut-être situé dans le Queyras, n'a pas été déterminé exactement.

6. - 17 juillet 1951 à 06 h. 13 mn. - Pyrénées orientales : 42°35' N, 2°30' E.

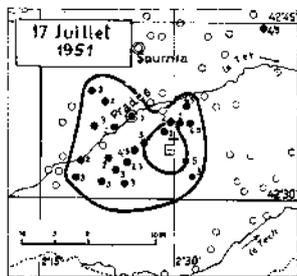


Fig. 1

Un assez important séisme a affecté la partie orientale du front Nord-Pyrénéen dans la région au Sud de Prades. Il a été ressenti (figure 1) avec l'intensité 5 à Bailestavy, Estover, Villefranche-de-Conflent, 4-5 à Joch, Montner, Taurinya, Vinça ; 3-4 à Corbière-les-Cabanes ; 3 à Castel, Clara, Conat, Finestret, Escaro, Mosset, Prades, etc. Comme pour les séismes des années 1921 et 1922, ce sont les terrains plissés tertiaires de bordure du massif pyrénéen qui ont été le siège du séisme du 17 juillet. Une seule station a enregistré la secousse : Tortosa (iPg 06 h. 13 mn. 15 s., iSg 06 h. 13 mn. 44 s., distance 225 km).

Enquête macroséismique : 212 réponses dont 29 positives ; R = 10 km ;  $r_s = 4$  km.

7. - 26 août 1951 : 18 h. 09 mn. - Hautes-Pyrénées : vers 43°0 N, 0°1 W.

Choc local ressenti faiblement dans la vallée d'Argelès-Gazost (43°0 N, 0°1 W) et non inscrit à Bagnères-de-Bigorre.

8. - 16 septembre 1951 à 07 h. 57 mn. - Hautes-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°5 E.

Choc local faiblement ressenti à Nestier (43°05' N, 0°30' E) ; non inscrit dans les stations sismiques françaises.

9. - 22 novembre 1951 à 00 h. 00 mn. - Principauté de Monaco : vers 43°7 N, 7°5 E.

Choc local légèrement ressenti à Monaco (43°45' N, 7°27' E). Pas de données microsismiques.

10. - 30 novembre 1951 à 06 h. 08 mn. - Basses-Alpes (43°49' N, 6°26' E).

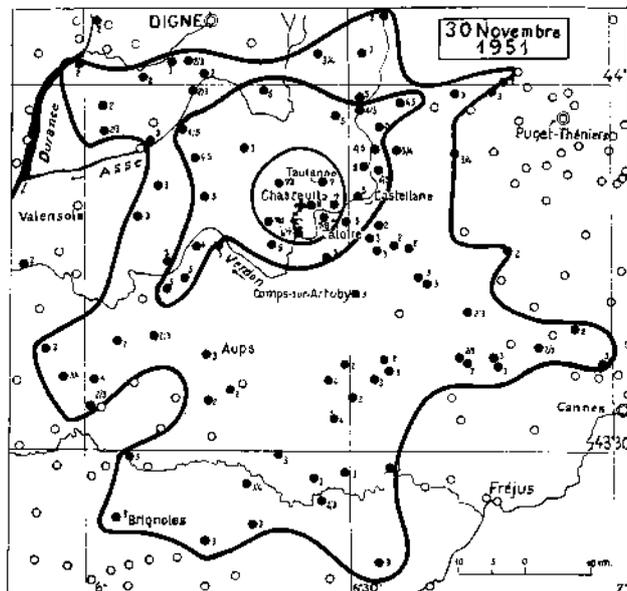


Fig. 2

Cette violente secousse a causé des dégâts importants dans quelques petits villages des Basses-Alpes, à l'ouest de Castellane, dans la région où le Verdon commence à s'encaisser au travers des massifs calcaires pour former plus en aval les célèbres gorges.

L'enquête par questionnaires a fourni 123 réponses positives et 356 réponses négatives (sur 561 questionnaires envoyés) ; R = 37 km ;  $r_s = 16$  km.

On a noté les intensités suivantes (figure 2) :

7-8 à Châteauneuf : tous les immeubles ont été lézardés ; des toitures se sont effondrées ; toutes les maisons, sauf 3, ont été rendues inhabitables ; l'église a été fortement fissurée ; les quelques habitants du village ont dû l'évacuer ; des blocs de rochers ont roulé des sommets voisins et la route nationale de Castellane à Marseille a été coupée en plusieurs points par des éboulements (entre les points kilométriques 6 et 9, en particulier au point 6,100) ; quelques parties des murs de soutènement ont été emportées entre les p.k. 6,400 et 6,900 ; en de nombreux endroits la terre a été fendillée.

7-8 à *Taloire* (église fissurée, chute de tuiles et de cheminées, chute d'une pierre tombale, éboulements, sources troublées) et à *Ellieux* (chute de 2 cheminées, chute d'un mur de l'église).

7 à *Taulanne* (chute de tuiles, d'une cheminée, tintement de cloches, source troublée) et à *Villars-Brandis* (fissures aux murs, chute de tuiles).

6-7 à *Hougon* (choc brusque de bas en haut, fissures dans les maisons, chute de pierres des toits, sources troublées).

5 dans les Basses-Alpes, à Angles, Castellane, Chaudon-Norante, Moriez, Moustiers-Sainte-Marie, La Mure, La Palud, Robion, Saint-André-les-Alpes et dans le Var à Bargemon, Baudinard, Bauduen, Châteauvieux, Lorgues, Soleils, Trigance.

La surface macroséismique totale mesure seulement 4200 km<sup>2</sup> ; le foyer est donc probablement très superficiel. Cependant, la secousse a été faiblement ressentie à Toulon et à Marseille, à 100 km de l'épicentre.

La secousse principale a été précédée de deux secousses légères le 29 novembre vers 14 heures (TMG) et le 30 vers 4 heures du matin (TMG) ; cette deuxième secousse a été signalée à Chasteuil, à Taulanne et à Villars-Brandis. Deux répliques auraient été ressenties à Taloire et à Chasteuil le 30 à 13 h. 45 mn. (TMG) et le 10 décembre vers 18 h. 30 mn.

Le séisme de novembre 1951 est sans doute tout à fait comparable à celui du 23 novembre 1855 qui fit déjà des dégâts importants à Chasteuil (église renversée, toitures effondrées, "portion de montagne écroulée"), (A. Perrey, sur les tremblements de terre en 1854-1855, *Bull. Ac. Sciences, Belles-Lettres et Arts de Belgique*, t. XXIV, p. 102 et 108).

La zone épiscopale des séismes de 1855 et de 1951 est située dans la région où les plis alpins de l'arc de Castellane, plis d'âge miocène supérieur, souvent très accusés, fréquemment rompus au sommet du Trias (marnes du Keuper) et chevauchants passent de la direction Nord-Sud à la direction Ouest-Est ; dans la région même de Chasteuil, ces plis se heurtent à la zone des "plans", vastes plateaux jurassiques peu plissés qui forment l'extrémité orientale des plis pyrénéo-provençaux. La région de Chasteuil-Taloire présente donc une tectonique très complexe (voir : G. Mennessier, sur l'évolution tectonique et morphologique des chaînons externes de l'arc de Castellane entre le Verdon et la Siagne, *Revue Géographie physique et Géologie dynamique*, vol. VI, fasc. 2, Paris 1964, pp. 91-113).

Données microséismiques :

Km							
104	Marseille	ePg	06 h. 08 mn. 13 s.	iSg	06 h. 08 mn. 28 s.		
267	Pavia	ePn	42	iSn	09	01,7	
		ePg	48	eSg		16	
344	Clermont	iPn	46	iSg		37	
		iPg	09	00			
354	Neuchâtel	ePn	08	57,4	eSg	44,0	
393	Firenze	e	09	26	i	10	04
403	Bologna	e	02	eSg	09	53	
413	Chur	ePn	00,3	eSn		45,7	
424	Basel	ePn	00,7	eSg	10	05,0	
427	Zürich	ePn	02,3	eSg		04,3	
		ePg	12				
539	Strasbourg	ePn	17	eS		10	
		iPg	35				
589	Stuttgart	ePn	(19)	eSn		22,0	
				eSg		52	
	Tortosa	i	10	29	i	11	13
602	Karlsruhe	e(Pg)	09	50	iSg	10	56
617	Trieste	ePg	46	iSg	11	11	
633	Paris	iPn	23	iSn	10	30	
				iSg	11	06	
968	Collnberg	ePg	42	eSg		45	
2220	Tamanrasset	eP	12	44	iPP	13	05

Les stations de Iena, Praha et Racibor ont également enregistré la secousse. (Voir : I. S. S., 1951, p. 1089).

Les distances indiquées sont calculées à partir de l'épicentre macroséismique.

La calculatrice électronique utilisant les phases Pn et Pg et les tables d'Haslach pour la profondeur  $h = 0$ , a fourni pour l'épicentre les coordonnées suivantes : 43°42' N ± 7', 6°16' E ± 7'.

$$H = 06 \text{ h. } 07 \text{ mn. } 59,2 \text{ s. } + 1,3 \text{ s.}$$

Le point moyen calculé est à environ 20 km au SW de l'épicentre macroséismique. Ce dernier (43°49' N, 6°26' E) doit être considéré comme meilleur.

11. - 3 décembre 1951 à 17 h. 20 mn. - Ariège : vers 42°9 N, 1°2 E.

La secousse a été ressentie par quelques personnes à Seix (42°52' N, 1°12' E) et inscrite à Barcelone (P 17 h. 21 mn. 08 s., L 17 h. 21 mn. 22 s.) et à Besançon (e 17 h. 23 mn. 36 s.).

L'enquête macroséismique n'a pas été faite.

12. - 14 décembre 1951 à 04 h. 05 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°2 E.

On a noté les intensités suivantes : 5 à Beaudéan, Capvern et Préchac ; 4-5 à Lourdes et Barthe de Neste ; 3-4 à Luz, 3 à Ancizan, Arrens, Aragnouet, Boé-Silhen, Cauterets, Gerde, Sarrancolin, Tramezaïgues, Villelongue, Bagnères-de-Bigorre et Pic-du-Midi ; ce séisme a été inscrit par le séismographe de Bagnères-de-Bigorre (iPg 04 h. 05 mn. 09 s., iSg 04 h. 05 mn. 10 s.). L'épicentre se trouve à 5 km environ de cette station, probablement aux environs de Beaudéan.

Enquête macroséismique : 65 questionnaires envoyés, 33 réponses dont 17 positives ; R = 20 km.

13. - 18 décembre 1951, vers 21 h. 05 mn. - Basses-Alpes : vers 44°4 N, 6°7 E.

D'après la presse, une faible secousse a été ressentie à Barcelonnette dans la soirée du 18 décembre vers 22 h. 05 mn. (heure légale).

L'enquête par questionnaires (16 réponses) a fourni trois réponses positives en provenance de Barcelonnette (4), Faucon sur Ubaye (4) et Jausiers (3).

14. - 13 janvier 1952 à 21 h. 50 mn. 36 s. - Basses-Pyrénées : 43°1 N, 0°8 W.

Ce séisme, le premier d'une série de chocs qui pendant plusieurs mois ont intéressé les Pyrénées, a été ressenti surtout dans la partie orientale des Basses-Pyrénées : Arette, Lourdos-Ichère, Rébénacq, Tardets-Sorholus (5) ; Aramits, Féas, Lanne (4), Urdos (3-4) ; Arudy, Issor, Izeste, Lescun, Mauléon-Licharre (3) ; Oloron-Sainte-Marie (2-3).

Enquête macroséismique : 33 réponses dont 14 positives ; R = 20 km.

Les données microséismiques sont les suivantes :

420 km	Clermont	i	21 h. 52 mn. 03 s.	iSg	21 h. 52 mn. 43 s.
670	Paris	e(Pg)	21 h. 52 mn. 42 s.	i(Sg)	21 h. 54 mn. 07 s.
690	Besançon	eSb	21 h. 53 mn. 52 s.	e(Sg)	21 h. 54 mn. 14 s.
890	Strasbourg	(e)L	21 h. 55 mn. 11 s.	eM	21 h. 55 mn. 26 s.

D'après la presse ("La Dépêche du Midi" ; 19-20 janvier 1952), des secousses auraient également été signalées au début de Janvier à Anglet, Bayonne et au Boucau, dans la partie occidentale des Basses-Pyrénées.

15. - 25 janvier 1952 à 22 h. 51 mn. 20 s. - Hautes-Pyrénées : (43°0 N, 0°2 E).

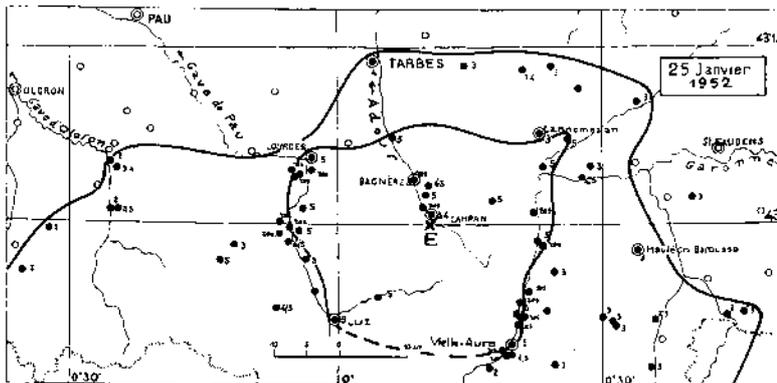


Fig. 3

Ce séisme a été ressenti dans les Hautes-Pyrénées et dans une partie des Basses-Pyrénées ; l'épicentre se place sur le front Nord-Pyrénéen aux environs de Campan. La surface macroséismique sur territoire français couvre environ 3 800 km<sup>2</sup> (figure 3).

Intensité 5 : Arrens, Boé-Silhen, Betpouey, Laborde, Lourdes, Montgaillard, Pinas, Préchac, Sarrancolin, Vielle-Aure, Viscos ; 4-5 : Asté, Cauterets, Saint-Savin, Nestier, Saint-Lary, Usine Eyet ; 4 à Ancizan, Gerde, Tarbes, Ossen ; 3-4 à Campan, Montastruc ; 3 à Ardengost, Aucun, Bordères-Louron, Clarac, Galan, Lanne-mezan, Loudenvielle, Montignac, Saint-Laurent, Sauveterre, Villelongue ; 2-3 à Cier-de-Luchon, Mauléon-Barousse, Tajan ; 2 à Tramezaïgues.

Dans les Basses-Pyrénées il a été ressenti 3-4 à Louvie-Juzon ; 3 à Asté-Béon, Aydius, Borce, Cette-Eygun ; 2 à Izeste.

142 questionnaires envoyés, 87 réponses dont 50 positives ;  $R = 45 \text{ km}$  ;  $r_s = 20 \text{ km}$ .

Les données microséismiques sont les suivantes :

13 km	Bagnères-de-Bigorre	iPg	22 h. 51 mn. (29,5) s.	iSg	22 h. 51 mn. (31) s.
380	Clermont	iPg	22 h. 52 mn. 23 s.	iM	22 h. 54 mn. 20 s.
645	Besançon	(e)Sg	22 h. 54 mn. 29 s.	(e)Sg	22 h. 54 mn. 36 s.
655	Paris	eSg	22 h. 54 mn. 35 s.	eL	22 h. 54 mn. 40 s.
845	Strasbourg	(e)	22 h. 55 mn. 20 s.	eSg	22 h. 55 mn. 27 s.

16. - 7 février 1952 à 14 h. 28 mn. 19 s. - Basses-Pyrénées :  $43^{\circ}1 \text{ N}$ ,  $0^{\circ}7 \text{ W}$ .

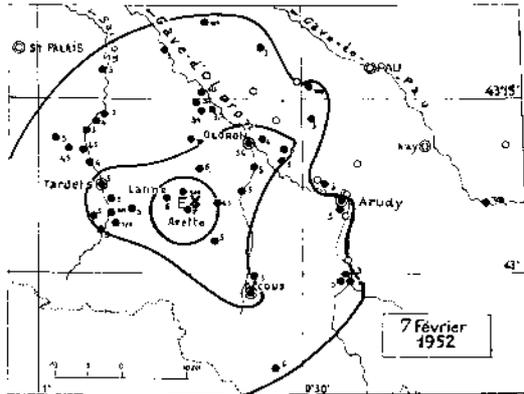


Fig. 4

Troisième secousse sur le bord Nord des Pyrénées (figure 4). Plus fortement ressentie que le séisme du 13 janvier, elle a causé quelques dégâts dans la région d'Arette (effondrement de cheminées) (intensité 6-7) et a provoqué l'épouvante à Lanne (fuite des animaux se trouvant dans les champs).

On a noté l'intensité 5-6 à Oloron-Sainte-Marie ; 5 à Accous, Asasp, Escou, Etchebar, Féas, Gurmençon, Herrère, Laruns, Izeste, Licq-Athérey, Lourdos-Ichère, Montary, Musculdy, Roquiague, Sainte-Engrâce, Tardets-Sorholus, Trois-Villes ; 4-5 à Aren, Issor, Idaux-Mendy, Ordiarp ; 4 à Mauléon-Ichasse, Menditte, Précilhon, Urdos ; 3-4 à Orin, Gérence, Saint-Goïn ; 3 à Arudy, Bédous, Buzy, Charrite-de-Bas, Chéraute, Garindein, Lasseube, Louvie-Souviron, Monein, Navarrenx. Le rayon de l'isoseiste 5 est d'environ 15 km.

Enquête macroséismique : 131 questionnaires envoyés : 62 réponses dont 42 positives ;  $R = 28 \text{ km}$  ;  $r_s = 15 \text{ km}$ .

Données microséismiques :

415 km	Clermont	i(Pn)	14 h. 29 mn. 20 s.	iSn	14 h. 29 mn. 55 s.
670	Paris	i(Pb)	14 h. 30 mn. 03 s.	iSg	14 h. 31 mn. 36 s.
685	Besançon	ePg	14 h. 30 mn. 12 s.	iSg	14 h. 31 mn. 39 s.
885	Strasbourg	(e)	14 h. 32 mn. 12 s.	iSg	14 h. 32 mn. 36 s.

17. - 8 février 1952 à 07 h. 40 mn. - Basses-Pyrénées :  $43^{\circ}1 \text{ N}$ ,  $0^{\circ}7 \text{ W}$ .

Réplique du séisme du 7 février à 14 heures ; ressenti 4 à Arette, 3 à Roquiague, Montary, etc.

Données microséismiques :

415 km	Clermont	iPg	07 h. 41 mn. 44 s.	iSg	07 h. 42 mn. 34 s.
685	Besançon	eSg	07 h. 43 mn. 53 s.	eL	07 h. 44 mn. 16 s.
885	Strasbourg	eL	07 h. 45 mn. 08 s.	e	07 h. 45 mn. 24 s.

Heure origine calculée : 07 h. 40 mn. 34 s.

18. - 24 février 1952 à 21 h. 25 mn. - Fossé Rhénan ;  $49^{\circ}5 \text{ N}$ ,  $8^{\circ}3 \text{ E}$ .

Important séisme dont l'épicentre se trouve dans la vallée du Rhin, en Allemagne, au voisinage de Mannheim. Il a été ressenti dans l'Ouest de l'Allemagne (7 dans la région de Worms-Ludwigshafen ; 4-5 dans le Nord du Wurtemberg, 4 à Stuttgart). La secousse a été largement ressentie dans l'Est de la France jusqu'à une ligne jalonnée par Lunéville (175 km), Remiremont (215 km), Bruyères (195 km), Le Thillot (221 km) et Mulhouse (216 km). C'est surtout dans le Bas-Rhin que ce séisme a été le mieux ressenti. On a noté l'intensité 5 à Ingolsheim, Ittenheim, Seltz, Weyersheim, Wingen, Woerth s/Sauer et Wolfisheim, 70 communes ont signalé une intensité inférieure à 5 ; l'intensité 4 a été observée à Strasbourg.

La secousse a été inscrite par 32 stations sismologiques européennes (Bulletin mensuel du Bureau international de Sismologie, 1952, p. 68 ; I.S.S., 1952, p. 113-114) ; l'épicentre calculé a pour coordonnées :  $49^{\circ}5 \text{ N}$ ,  $8^{\circ}3 \text{ E}$ . La magnitude a été évaluée à 4,0 par Wechsler (Die Erdbebenstätigkeit in Südwestdeutschland in den Jahren 1938-1954, Stuttgart 1955) ; Karnik donne une valeur de 4,3 probablement également un peu faible.

Heure origine calculée : 21 h. 25 mn. 30 s.

Ce tremblement de terre a été ressenti jusqu'en Suisse : 3 à Bâle, Zurich, Schaffhouse et Baden.

Enquête macroséismique en France : 218 réponses dont 51 positives ; R = 200 km ?

19. - 26 février 1952 à 19 h. 11 mn., 5 - Hautes-Pyrénées : 43°1 N, 0°0.

On a noté les intensités suivantes : 5 à Arrens, Germs, Lourdes, Montgaillard ; 4-5 à Sarrancolin ; 4 à Ancizan et Julos ; 3 à Asté, Cieutat, Gazost et Péré ; 2 à Fos (Haute-Garonne) ; 2-3 à Rébénacq et Lourdos-Ichère (Basses-Pyrénées).

Enquête macroséismique : 49 réponses dont 16 positives.

données microséismiques :

12 km	Bagnères	ePg	19 h. 11 mn. (33) s.	iSg	10 h. 11 mn. (36) s.
380 km	Clermont	iSb	19 h. 13 mn. 14 s.	iSg	19 h. 13 mn. 26 s.
656 km	Paris	(e)(Sn)	19 h. 14 mn. 17 s.	eSg	19 h. 14 mn. 45 s.
645 km	Besançon	e(Sg)	19 h. 14 mn. 37 s.	iSg	19 h. 14 mn. 45 s.
850 km	Strasbourg	eSg	19 h. 15 mn. 45 s.	eL	19 h. 15 mn. 59 s.

L'épicentre proposé a pour coordonnées : 43°1 N, 0°0 long. C'est un point situé dans la région de Lourdes, à quelques kilomètres à l'Est de cette ville. La surface macroséismique mesure environ 2000 km<sup>2</sup> (R = 25 km).

20. - 30 mars 1952 à 00 h. 23 mn. - Pyrénées Centrales : indéterminé.

Cinquième secousse nord-pyrénéenne ; inscrite à Tortosa (ePg 00 h. 23 mn. 33 s.), elle a été ressentie 3 à St-Lary dans les Hautes-Pyrénées (42°8 N, 0°3 E). L'enquête macroséismique, faite en même temps que celle relative au 5 avril, n'a pas permis de préciser la position de l'épicentre, de nombreux observateurs ayant confondu les deux secousses.

21. - 5 avril 1952 à 00 h. 05 mn. 22 s. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°0.

Cet important séisme nord-pyrénéen, le sixième depuis le commencement de l'année 1952, inscrit dans 17 observatoires français et étrangers, a fait l'objet d'une enquête macroséismique très étendue (figure 5). Sur 409 questionnaires distribués dans les Hautes-Pyrénées, les Basses-Pyrénées et la Haute-Garonne, 165 réponses ont été reçues dont 91 positives. On a noté les intensités 7 à Préchac (cloisons lézardées, cheminées ébranlées, chutes de tuiles) ; 6-7 à Arras (chute partielle d'une cheminée, lézardes aux murs), Salles (fissures à certains

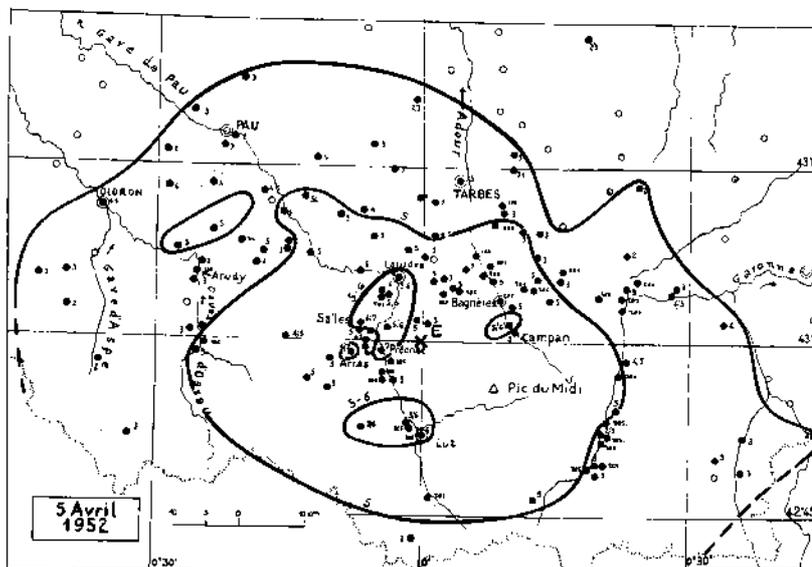


Fig. 5

immeubles, chutes de matériaux divers, tuiles, etc.) ; 6 à Luz (tintement prolongé des clochettes, fissures aux vieux murs, chutes d'ardoises, chute d'une cheminée, de plâtras et crépis) et Omex (chute de pierres d'une muraille dénuée) ; 5-6 à Boo-Silhen, Beaudéan, Cauterets, Grust, Lourdes, Ossen ; 5 à Adé, Arreau, Arrens, Barlest, La Barthe-de-Neste, Castillon, Aragnouet, Usine Eyet, Estaing, Frechendets, Gaillagos, Gazost, Gerde, Julos, Laruns, Lasseube, Oléac-Dessus, Ossun-ez-Angles, Ourdon, Peyrouse, Pouzac, Séré, St-Lary, Tarbes, Villelongue, etc.

Les localités les plus affectées sont situées au contact de la zone axiale et de l'avant-pays pyrénéen. L'épicentre macrosismique (figure 5) a pour coordonnées : 43°0 N, 0°0 long. Rayon macrosismique, R = 50 km ; r<sub>s</sub> = 28 km.

Les principales données microsismiques sont les suivantes :

14 km	Bagnères	iPg	00 h. 05 mn. (26) s.	iSg	00 h. 06 mn. (27) s.
245 km	Tortosa	iPg	00 h. 06 mn. 03 s.	iSg	00 h. 06 mn. 31 s.
249 km	Barcelona	iPg	00 h. 06 mn. 04 s.	Sg	00 h. 06 mn. 32 s.
484 km	Toledo	iPn	00 h. 06 mn. 26,4 s.	iSn	00 h. 07 mn. 14 s.
484 km	Toledo	iPg	00 h. 06 mn. 45 s.		
394 km	Clermont	iPg	00 h. 06 mn. 27 s.	i	00 h. 08 mn. 47 s.
517 km	Alicante	Pn	00 h. 06 mn. 34 s.	Sn	00 h. 07 mn. 25 s.
674 km	Paris	ePn	00 h. 07 mn. 00 s.	iSn	00 h. 08 mn. 10 s.
779 km	Basel	ePg	00 h. 07 mn. 32,5 s.	eSg	00 h. 09 mn. 08 s.
791 km	Malaga	iPn	00 h. 07 mn. 04 s.	iS	00 h. 08 mn. 26 s.
830 km	Zurich	cPg	00 h. 07 mn. 42 s.		
865 km	Strasbourg	e	00 h. 08 mn. 31 s.	eSg	00 h. 09 mn. 30 s.
958 km	Stuttgart			Sg	00 h. 10 mn. 04 s.

Heure origine calculée : H = 08 h. 05 mn. 22 s.

Un calcul effectué à la machine électronique en utilisant les tables Pn et Pg d'Haslach a fourni les résultats suivants :

43°05' N ± 3'      0°05' W ± 5'      H = 00 h. 05 mn. 21,1 s. ± 0,66 s.

En utilisant les phases Pn et Sg (tables d'Haslach) on a obtenu, en imposant un foyer superficiel :

42°56' N ± 2'      0°09' E ± 5'      H = 00 h. 05 mn. 21,8 s. ± 0,98 s.

Avec une profondeur imposée de 20 km et en utilisant les mêmes phases et les mêmes tables, on a obtenu :

43°00' N ± 3'      0°09' E ± 5'      H = 00 h. 05 mn. 21,7 s.

Les distances ci-dessus ont été indiquées par rapport au point moyen 43°0 N, 0°0.

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. (43°0 N, 0°2 E) est probablement un peu trop oriental (I.S.S., 1952, p. 291).

Deux autres secousses, faibles, ont été signalées le 9 avril 1952 à 07 h. 40 mn., ressentie 3 à Arette (Basses-Pyrénées) et le 23 avril 1952 à 11 h. 40 mn., ressentie 4-5 à Oloron-Ste-Marie (Basses-Pyrénées).

22. - 3 mai 1952 à 20 h. 13 mn. - Hautes-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°0.

Faible secousse ressentie 4-5 à Lourdes et inscrite à Tortosa : (ePg 20 h. 13 mn. 56 s. ; iSg 20 h. 14 mn. 48 s.). Il n'a pas été fait d'enquête.

23. - 6 mai 1952 à 01 h. 05 mn. et à 06 h. 32 mn. - Pyrénées : 42°8 N, 0°5 E.

Une faible secousse a été ressentie 4 à 01 h. 05 mn. à Bagnères de Luchon ; une secousse plus forte a été ressentie à 06 h. 32 mn. dans la zone limitrophe des deux départements des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne ; inscrite à Bagnères de Bigorre (e 06 h. 32 mn. 40 s.) et ressentie 4 à Bagnères de Luchon, 2-3 à Couledoux, 2 à Estadens (Haute-Garonne) et 5 à Vielle-Aure (Hautes-Pyrénées). Enquête macrosismique : 73 questionnaires envoyés, 30 réponses dont 5 positives. Inscrite à Bagnères (e 06 h. 32 mn. 40 s.) et à Tortosa (iPg 06 h. 32 mn. 53 s., iSg 06 h. 33 mn. 15 s. ; D = 165 km).

24. - 9 mai 1952 à 14 h. 10 mn. - Haut-Rhin : 47°57' N, 7°05' E.

Secousse locale dans le massif hercynien vosgien, ressentie seulement dans quelques localités se trouvant dans le triangle Sondernach-St-Amarin-Lautenbach/Zell (massif du Petit Ballon). A Linthal, les gens effrayés seraient sortis des maisons (5-6). On a noté les intensités 4 à Mittlach à l'W de Sondernach ; 3-4 à Lautenbach-Zell ; 3 à Kruth, Sondernach, St-Amarin, Wasserbourg ; 2 à Buhl, Geishouse, Murbach, Oderen.

Cette secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires les plus proches.

Enquête macroséismique : 24 réponses dont 11 positives ; R = 10 km.

25. - 26 mai 1952 à 19 h. 30 mn. - Haute Garonne : vers 43°0 N, 0°7 E.

Choc local ressenti 5 à Arguenos (42°58' N, 0°44' E).

Il n'a pas été fait d'enquête spéciale.

26. - 29 mai 1952 à 20 h. 40 mn. - Bretagne : vers 48°7 N, 2°1 W.

Il s'agit peut-être d'une réplique du séisme du 17 novembre 1950, dont l'épicentre devait se trouver au large de St-Malo, dans une région où déjà plusieurs foyers ont été localisés, (48°7 N, 2°1 W). D'après la presse un bruit d'explosion a été entendu sur toute la côte et a été accompagné d'un ébranlement de nombreux immeubles, notamment à St-Malo, St Servan, Dinard, St Lunairc, St Briac, Cancale, Dol, Châteauneuf. Cette détonation, semblable à celle qui fut signalée deux ans plus tôt, donna l'impression de provenir d'un endroit situé vers la pleine mer.

27. - 8 juin 1952 à 21 h. 26 mn. 10 s. - Baronnies : 44°15' N, 5°13' E.

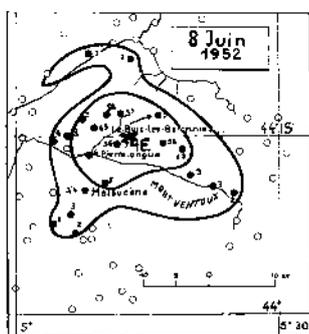


Fig. 6

D'après les journaux locaux la région de Pierrelongue et de Mollans (Drôme) et celle d'Entrechaux (Vaucluse) ont été depuis le 8 juin 1952 et pendant plusieurs jours affectées par des mouvements sismiques qui causèrent une certaine inquiétude parmi la population et entraînèrent des dégâts aux immeubles. La zone pléistocène intéressée le versant Nord de la montagne de Bluyes, la commune de Pierrelongue où des lézards se sont ouvertes dans les habitations et la Chapelle du Rocher. Les eaux potables de la source de Bluyes cessèrent d'alimenter les fontaines.

On a noté les intensités suivantes : 7-8 à Pierrelongue (presque la totalité des immeubles lézardés) ; 6 à Entrechaux (réveil des dormeurs) ; 5-6 à la Penne sur l'Ouvèze (chutes de plâtras), Merindol-les-Oliviers et Mollans (la cloche a sonné, bruit très violent) ; 5 à Puyméras, Beaumont, Buis-les-Baronnies, Propiac etc.

La surface macroséismique bien définie est très faible (570 km<sup>2</sup>) eu égard à l'intensité maxima à l'épicentre. Le foyer est donc très probablement superficiel et doit se trouver au sein des formations sédimentaires. (figure 6).

Enquête macroséismique : 127 réponses dont 23 positives ; R = 13,5 km ; r<sub>s</sub> = 8 km.

L'épicentre ainsi déterminé (44°15' N, 5°13' E) est très voisin de celui du séisme du 24 juillet 1927 (44°13' N, 5°12' E), qui fit quelques dégâts au hameau de Veaux (Commune de Beaumont), sur le versant Nord-Ouest du mont Ventoux.

Les données microséismiques du séisme du 8 juin 1952 sont les suivantes :

237 km	Clermont	e(Pn)	21 h. 26 mn. 47 s.	Pg	21 h. 26 mn. 54 s.	iSg	21 h. 27 mn. 25 s.
334	Neuchâtel			iPg	21 h. 27 mn. 10,6 s.	e	21 h. 28 mn. 51 s.
330	Pavia			ePg	21 h. 27 mn. 24,8 s.	e(Sn)	21 h. 28 mn. 13,0 s.
410	Basel						
434	Zurich	e(Pn)?	21 h. 27 mn. 25,7 s.				
444	Chur	eP	21 h. 27 mn. 26 s.				
520	Strasbourg	e	21 h. 27 mn. 36 s.	ePg	21 h. 27 mn. 32 s.	eSg	21 h. 28 mn. 59 s.
548	Paris	e	21 h. 27 mn. 34 s.	e	21 h. 27 mn. 40 s.		
588	Stuttgart			ePg	21 h. 27 mn. (58) s.	eSg	21 h. 29 mn. 12,0 s.
885	Iena	e	21 h. 30 mn. (16) s.				
950	Praha	e	21 h. 29 mn. 08 s.			e	21 h. 30 mn. 20 s.

Les distances sont comptées par rapport à l'épicentre macroséismique.

L'heure origine calculée est H = 21 h. 26 mn. 10 s. ; d'après l'interprétation ci-dessus, la vitesse des ondes Pg est voisine de 5,5 km/s, celle des ondes Sg de 3,25 km/s.

Karnik a donné pour cette secousse une magnitude de 3,5, probablement trop faible.

28. - 16 juillet 1952 à 21 h. 35 mn. - Basses Pyrénées : vers 43°1 N, 0°4 W.

Légère secousse ressentie à la station météorologique d'Arudy (Basses-Pyrénées) ; pas d'enquête.

29. - 19 juillet 1952 à 22 h, 55 mn. - Basses Pyrénées : vers 42°9' N, 0°6' W.

Légère secousse ressentie à la station météorologique de Cette-Eygun (42°56' N, 0°36' W) ; pas d'enquête.

30. - 30 juillet 1952 à 11 h, 47 mn. - Basses-Pyrénées : 43°2' N, 1°6' W.

Secousse relativement importante ressentie dans la partie W des Basses-Pyrénées. On a noté l'intensité 5-6 à Ustaritz (quelques lézardes, chute d'une tuile) ; cette secousse a été ressentie 4 à Ascaïn, 3-4 à Espelette, 3 à Ainhoa, Arcangues, Biriadou, Ciboure, Cambo-les-Bains, Hasparren, Hendaye, Sare, St Etienne de Baigorry, St Pierre d'Irube, 2-3 à Bayonne.

L'épicentre indiqué est approximatif ; la secousse a été ressentie en Espagne à San Sebastian et Irun. Ces données sont insuffisantes pour une détermination exacte de l'épicentre macroséismique.

Rayon de la surface macroséismique : 30 km ca.

Données microséismiques :

km (distances au point 43°11' N, 1°36' W)

314	Tortosa	iPg	11 h. 48 mn. 19 s.	iSg	11 h. 48 mn. 51 s.	
362	Barcelona	cPg	24	iSg	49	08
417	Toledo	Pn	22	Sn		05
		Pg	36			
471	Clermont	ePn	31	eSn		27
		Pg	52	eSg		55
538	Alicante	ePn	45	eSg		56
		ePg	49			
684	Cartuja	Pg	23	(Sb)	50	35
701	Paris	ePn	46	54	eSn	09
					Sg	43
755	Malaga	iPn	49	03	iSn	21
		Pg	31			
866	Basel			eSg	51	26
923	Zürich			eSg	52	02
941	Strasbourg			iSn	51	33
				eSg	52	01
1040	Stuttgart			eSb		02

Inscrit également à Almeria et Praha.

La calculatrice électronique, utilisant les phases Pn et Pg a fourni les résultats suivants : 43°11' N ± 9', 1°36' W ± 16', H = 11 h. 47 mn. 28,4 s. ± 2,0 s ; profondeur du foyer (calculée), h = 32 km.

Epicentre indiqué par l'I.S.S. (1952, p. 654) : 43°2' N, 1°5' W ; H = 11 h. 47 mn. 19 s.

La secousse du 30 juillet 1952 a été précédée d'un choc prémonitoire au même foyer le 25 juillet à 10 h. 59 mn. 38 s. ; ce choc a été inscrit dans onze stations (I.S.S., 1952, p. 639).

31. - Essaim d'Alsace (10 août au 10 octobre 1952) : 48°54' N, 7°58' E.

Pendant deux mois, et plus particulièrement entre le 29 septembre et le 10 octobre 1952, la Basse-Alsace, dans la région s'étendant entre Soultz-sous-Forêt, Wissembourg et Seltz, a été le siège d'une série de secousses dont le nombre a dépassé la trentaine (26 ont été enregistrées à Strasbourg). Plusieurs de ces secousses ont fait des dégâts légers dans plusieurs localités, souvent distantes les unes des autres.

Une étude détaillée de cet essaim de secousses a été entreprise par M. E. Peterschmitt. On trouvera par ailleurs dans les Annales de l'Institut de Physique du Globe, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, t. XVII, 1952, les dépouillements des enregistrements obtenus dans les stations françaises.

Première secousse : 10 août à 21 h. 22 mn. 27 s.

Cette secousse, enregistrée dans plusieurs stations, a été ressentie dans le nord de l'Alsace. On a noté les intensités suivantes : 5 à Ingolsheim, Schaffhausen, Hundwiller ; 4-5 à Oberbetschdorf, Riedseltz, Schleital ; 4 à Croetwiller, Hatten, Kesseldorf, Mothorn, Reimerswiller, Siegen, Wingen ; 3-4 à Altenstadt, Aschbach, Cleebourg, Hoffen, Oberhoffen, Salmbach, Surbourg ; 3 à Beinheim, Buhl, Kuhlendorf, Kutzenhausen, Lauterbourg, Leiterswiller, Lembach, Neewiller, Niederbetschdorf, Oberroedern, Scheibenhard, Seltz, Steinseltz, Walbourg, Wintzenbach, Wissembourg ; 2-3 à Brumath, Drachenbronn, Hohwiller, Neuhausel, Rittershoffen.

Enquête macroséismique : 80 réponses, dont 41 positives.

Deuxième et troisième secousses : 29 septembre 1952 à 16 h. 45 mn. 10 s.

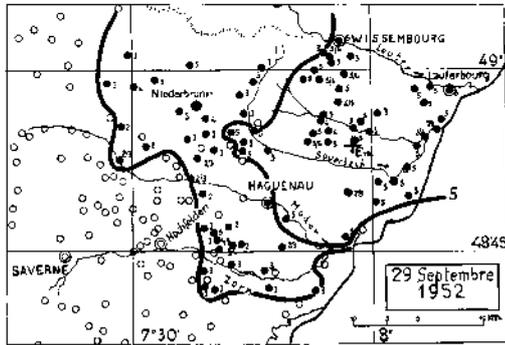


Fig. 7

Ces deux secousses presque consécutives, à 6 s. d'intervalle, ont marqué le début de la principale période de forte activité. (figure 7).

Dans la zone épicertrale, on a noté les intensités suivantes :

7 à Munchhausen (chute d'une des cheminées du presbytère), et à Soufflenheim (chute de tuiles et de cheminées) ; 5-6 à Bremmelbach, Oberbetschdorf (chute de tuiles), Riedseltz (chute de quelques tuiles), Surbourg, Schaffhausen. L'intensité 5 a été signalée à Auenheim, Beinheim, Buhl, Cleebourg, Dambach, Drusenheim, Drachenbronn, Eberbach, Gunstett, Hatten, Hégeney, Hermerswiller, Hochstett, Ingolsheim, Leiterwiller, Kaltenhausen, Lauterbourg, Leutenheim, Mattstall, Morsbronn, Motheren, Neuhausen, Neuwiller, Niederbetschdorf, Niederlauterbach, Oberbronn, Reimerswiller, Roppenheim, Seltz, Scheibenhart, Stundwiller, Waldorf, Wissembourg.

Dans 70 autres communes, cette secousse a été ressentie avec une intensité inférieure à 5. Quelques personnes, habitant les étages élevés des immeubles, ont ressenti la secousse à Strasbourg.

Enquête macroséismique : 265 réponses dont 95 positives ;  $R = 40$  km ;  $r_s = 15$  km.

Cinq autres secousses toutes faibles ont été ressenties ou enregistrées le 29 septembre.

Neuvième secousse : 6 octobre à 22 h. 27 mn. 40 s.

Après une accalmie entre le 30 septembre et le 6 octobre, la forte secousse du 6 octobre à 22 h. 27 mn. marque le début de l'activité principale. Elle a été ressentie fortement à Soultz-sous-Forêt, Hatten, Hoffen, localités où une dizaine de secousses ont été ressenties dans la nuit du 6 au 7 octobre ; ressenti également à Hohwiller (fissures aux plafonds, chute d'une cheminée endommagée), Surbourg, maison forestière Schwarzlach, Leiterswiller, Oberroedern, Niederbetschdorf, Oberbetschdorf, Munchhausen, Schaffhouse, Wissembourg.

Du 6 octobre à 22 h. au 7 octobre à 15 h. 13 secousses ont été enregistrées à Strasbourg ; un nombre plus grand encore a été probablement ressenti dans la zone épicertrale.

Vingt-deuxième secousse : 8 octobre à 05 h. 17 mn.

Après une accalmie du 7 octobre à 15 h. au 8 octobre à 05 h. la secousse principale de l'essaim s'est produite le 8 octobre à 05 h. 17 mn.

Cette secousse a été fortement ressentie dans la zone épicertrale. On a noté les intensités suivantes (figure 8).

7 à Bremmelbach (dommages aux immeubles, fissures), Drachenbronn (dommages aux immeubles, fissures dans les plâtras), Oberbetschdorf (chute d'une cheminée et de tuiles), Schaffhausen (quelques lézardes, chute de cheminée fissurée, chute de tuiles), Seltz (endommagement des cheminées), Soufflenheim (chute de tuiles et de cheminées), Schirheim ; 6-7 à Roeschwoog (chute de tuiles) ; 6 à Climbach (veille général des dormeurs) ; Riedseltz (abolement des chiens, maisons anciennes lézardées), Surbourg ; 5-6 à Kutzenhausen (chute de quelques tuiles du toit), Niederbetschdorf (chute de quelques tuiles), Siegen.

L'intensité 5 a été atteinte dans le Bas-Rhin dans 50 autres communes et l'intensité 3-4 dans une soixantaine. A Strasbourg, cette secousse a été ressentie 4 aux étages supérieurs des immeubles (figure 8).

Dans le Haut-Rhin, le séisme a été ressenti 3-4 à Colmar ; 3 à Andolsheim, Ammerschwyr, Eguisheim, Kaisersberg, Orbey et Ribeauvillé.

Dans les Vosges on a noté 3 à Brouvelieures, Fraize, Raon-l'Étape et St Dié ; 2 à Corcieux et Senones.

Dans la Moselle on a noté l'intensité 5 à Sturzelbronn ; 3 à Eguelshardt, Baerenthal, Hottwiller, Philippsbourg, Neunhoffen, Reyerswiller, Rimling, Mouterhouse ; 2 à Meisenthal, Goetzenbruck.

Enquête macroséismique : 300 réponses dont 175 positives ;  $R = 80$  km ;  $r_s = 25$  km.

La secousse a également été ressentie en Allemagne (4-5 en Bade et en Wurtemberg) et en Suisse (3 à Basel, Zürich et Stäfa).

Énergie relative des différentes secousses enregistrées

Le tableau suivant indique les amplitudes en microns calculées à partir des enregistrements de la phase Sg sur les deux composantes horizontales du sismographe de Quervain-Piccard de la station de Strasbourg.

N°	Date	Enregistrement à				Bâle		Amplitude à Strasbourg		
		Strasbourg		Stuttgart		mn.	s.	A <sub>p</sub>	A <sub>g</sub>	
		H	mn.	s.	mn.	s.				
Août										
1	10	21	22	36,8	22	43,5	22	55,7	6	9
Septembre										
2	29	16	45	17,3	45	24,6	45	36,1	34	58
3	29	16	45	(23,6)	-	-	-	-	3	4,5
4	29	16	51	33,4*	51	34,5	-	-	4	3,5
5	29	17	55	43,0*	-	55,7*	-	-	1	1,5
6	29	19	23	34,0*	-	-	-	-	1	1
7	29	23	14	44*	-	-	-	-	2	3,5
8	29	23	41	55	42	02,8	-	-	-	-
Octobre										
9	6	22	27	48,2	27	55,4	28	07	31	30
10	6	22	31	36,0	31	42,0	-	-	4,5	3,5
11	6	22	57	16,6	57	24,0	57	36,0	8	13,5
12	6	23	17	19,0*	-	-	-	-	1,5	1
13	6	23	17	59,5*	-	-	-	-	2	1,5
14	6	23	25	20	25	23,9	-	-	5,5	6
15	7	00	08	28	08	33,7	08	44,0	9	15
16	7	00	49	06	-	-	-	-	2	2,5
17	7	05	58	11*	-	-	-	-	1	3,5
18	7	06	07	14,4	-	-	-	-	10	13,5
19	7	06	18	30,2	-	-	-	-	11	10,5
20	7	07	16	18,8*	-	-	-	-	3	3
21	7	15	05	58,6*	-	-	-	-	1	2,5
22	8	05	17	22,2	17	29,9	17	41,7	35	> 80
23	8	08	40	06,0	40	13,3	40	24,9	20	50
24	8	14	25	19,5	25	24,5	25	35,2	6	12
25	8	19	01	07,0	01	14,6	-	-	3	5,5
26	8	21	20	38,3	20	45,3	20	57,9	7	21
27	10	09	19	33	19	39,2	19	51,1	3	5

Les heures d'arrivée indiquées se rapportent à la phase P<sub>g</sub> sauf celles signalées par un astérisque qui correspondent à la phase S<sub>g</sub>.

La magnitude de la secousse du 29 septembre à 16 h. 45 mn. a été évaluée à 4,7 ; celle de la secousse du 8 octobre à 05 h. 17 mn. à 4,9. (Wechsler, *loc. cit.*)

#### La géologie de la région épiscopale

Le foyer de cet essaim est difficile à déterminer exactement ; il n'y a pas d'épicentre macroséismique net (figure 8), la zone pléistocène étant divisée en plusieurs îlots de surface restreinte. On peut penser que le foyer se trouve à une certaine profondeur peut-être à une vingtaine de kilomètres. L'interprétation des enregistrements amène à prendre pour épicentre un point moyen de coordonnées 48°54' N, 7°58' E (au voisinage de Hatten).

On sait par l'étude géologique du bassin de Pechelbronn - dont une partie est intéressée par la zone pléistocène - que cette région est hachée par une série de failles parallèles de direction rhénane (SSW-NNE) ; ces failles sont souvent à rejet compensateur. Plus à l'est entre la forêt de Haguenau et le Rhin, les mesures géophysiques et en particulier les prospections par réflexion sismique ont montré que la partie profonde du fossé était elle aussi morcelée par une série de grandes failles dont certaines comme celle de Rountzenheim ont un rejet dépassant 1000 mètres. Dans la région de Beinheim le toit du Bathonien s'abaisse jusqu'à - 2 600 m. de profondeur. (F. Robach, application des méthodes géophysiques à l'étude structurale de la région de Soufflenheim (Bas-Rhin), Mémoire de Diplôme Ingénieur-Géophysicien, n° 108, Strasbourg, 1963).

Sur la carte figure 8 le tracé de quelques unes des failles principales a été schématisé. On peut penser que cette structure faillée se poursuit en profondeur et que les séismes de Basse-Alsace de 1952 sont liés à une cassure profonde de la croûte, peut-être dans la zone où s'amorce la formation du "graben" rhénan.

#### Etude microséismique

Nous avons traité par le calcul électronique les données correspondant aux trois secousses principales. Dans les tableaux suivants les distances sont indiquées par rapport à l'épicentre moyen (48°54' N, 7°58' E).

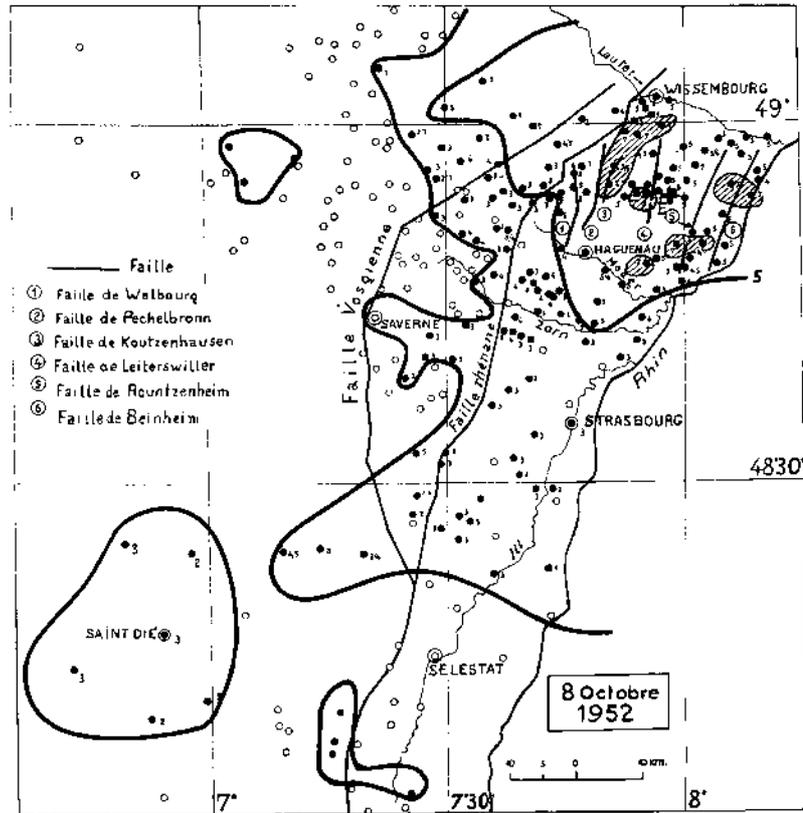


Fig. 8

29 septembre 1952

38 km	Strasbourg	Pg	16 45 17,3	Sg	16 45 23
35	Karlsruhe	Pg	20	Sg	26
91	Stuttgart	Pg	25	Sg	35
154	Basel	Pg	36		
174	Ravensburg	Pg	40	Sg	46 00
176	Zurich	Pn	39		
176	Zurich	Pg	42		
225	Neuchâtel	Pg	48	Sg	15
256	Chur			Sg	26
346	Jena	Pg	46 14		
402	Paris	Pn	06	Sg	47 07
402	Paris	Pg	16		
449	Collmborg	Pg	26		
486	Praha	Pg	34		
507	Clermont	Pg	36,4	Sg	26
529	Potsdam			Sg	48

En utilisant les données ci-dessus (phases Pn et Pg) la calculatrice électronique a fourni les résultats suivants (profondeur imposée 20 km) :

$$48^{\circ}52' N \pm 3', 7^{\circ}55' E \pm 4', H = 16 \text{ h. } 45 \text{ mn. } 11,0 \text{ s. } \pm 0,6 \text{ s.}$$

Avec les données correspondant à la phase Sg (profondeur imposée 20 km) on a obtenu des résultats presque identiques :

$$48^{\circ}51' N \pm 2', 7^{\circ}55' E \pm 2', h = 16 \text{ h. } 45 \text{ mn. } 10,5 \text{ s. } \pm 0,4 \text{ s.}$$

Le calcul avec une profondeur  $h = 0$  km fournit des résultats analogues.

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. (1952, p. 820) a pour coordonnées  $48^{\circ}9' N$ ,  $8^{\circ}0' E$ ,  $H = 16$  h. 45 mn. 10 s.

6 octobre 1952

35 km	Karlsruhe	Pg	22 27 46	Sg	22 27 52,0
38	Strasbourg	Pg	48,2	Sg	54
91	Stuttgart	Pn	57	Sg	28 07
91	Stuttgart	Pg	59		
154	Basel	Pg	28 07	e	26
174	Ravensburg	Pg	12	Sg	31
176	Zurich	Pg	12	Sg	31
225	Neuchâtel	Pg	19	Sg	46
235	Besançon	Pg	21	Sg	49
256	Chur	Pg	22	Sg	54
346	Iena	Pg	38	e	29 15
402	Paris	Pn	35	Sn	21
402	Paris	e	53	Sg	43
449	Collmberg	Pg	53	e	44
486	Praha			e(Sn)	40
507	Clermont	Pg	29 05	Sg	30 06

En utilisant les phases Pn et Pg (données ci-dessus) le calcul fournit les résultats suivants (profondeur imposée 20 km) :

$48^{\circ}56' N \pm 4'$ ,  $8^{\circ}02' E \pm 6'$ ,  $H = 22$  h. 27 mn. 40,7 s.  $\pm 0,9$  s.

L'utilisation de la phase Sg fournit un résultat un peu différent :

$48^{\circ}53' N \pm 4'$ ,  $7^{\circ}56' E \pm 4'$ ,  $H = 22$  h. 27 mn. 40,4 s.  $\pm 1,6$  s.

8 octobre 1952 à 05 h.

35 km	Karlsruhe	Pg	05 17 20	Sg	05 17 25
38	Strasbourg	Pg	22	Sg	28
91	Stuttgart	Pg	30	Sg	40
154	Basel	Pg	42	Sg	18 01
174	Ravensburg	Pg	45	Sg	04
176	Zurich	Pg	44	Sg	05
225	Neuchâtel	Pg	53	Sg	20
235	Besançon	Pg	55	Sg	23
256	Chur	(Pb)	53	Sg	32
345	Cheb	Pg	18 11	Sn	43
346	Iena	Pg	13	(Sb)	48
402	Paris	Pn	10	Sn	54
449	Collmberg	Pg	33	Sn	19 10
486	Praha	Pg	39	Sg	34
507	Clermont	Pg	41	Sg	41
529	Potsdam			Sg	50
568	Trieste			Sg	52
752	Raciborz			Sg	58

L'utilisation des phases Pn et Pg par la calculatrice électronique (tables d'Haslach, profondeur imposée 20 km) fournit les résultats suivants :

$48^{\circ}53' N \pm 2'$ ,  $8^{\circ}01' E \pm 4'$ ,  $H = 05$  h. 17 mn. 15,0 s.  $\pm 0,5$  s.

En utilisant la phase Sg on obtient :

$48^{\circ}53' N \pm 2'$ ,  $8^{\circ}00' E \pm 3'$ ,  $H = 05$  h. 17 mn. 13,6 s.  $\pm 1,0$  s.

On est conduit à des résultats identiques quelles que soient les coordonnées du point servant de départ au calcul de la machine.

32. - 8 janvier 1953 à 09 h. 02 mn. - Basses-Alpes :  $44^{\circ}1' N$ ,  $6^{\circ}1' E$ .

Secousse signalée par la presse à Digne, St-Auban et Château-Arnoux. L'enquête par questionnaires a fourni les renseignements suivants (29 réponses dont 6 positives) : Intensité 5 à Mirabeau (avec réplique le 15 janvier à 12 heures), 3 à Champtercier, Sisteron, Thoard ; 2 à Mison et St-Symphorien.

L'épicentre est probablement situé aux environs de Mirabeau ; R = 10 km. La secousse n'a pas été enregistrée dans les observatoires.

Rappelons que dans la même région se sont produits deux séismes importants qui ont causé des dégâts à Boynes (44°0 N, 6°2 E) le 9 juin 1863 et à Thoard et St-Geniez (44°2 N, 6°1 E) le 14 mai 1866.

33. - 28 janvier 1953 à 13 h. 45 mn. - Corse : vers 42°1 N, 9°5 E.

Secousse signalée en Corse à Alcoria (42°06' N, 9°30' E) par l'observateur de la station météorologique. Elle a été également ressentie aux environs d'Aleria à Casabrianda, Cateraggio, Etang de Diane et Vacagia. Il n'a pas été fait d'enquête.

34. - 25 mars 1953 à 03 h. 29 mn. - Isère : vers 45°3 N, 5°7 E.

Secousse ressentie à la Grande Chartreuse (45°22' N, 5°47' E) par l'observateur de la station météorologique ; elle a été également signalée à Grenoble. Il n'y a pas été fait d'enquête. Une faible secousse a été enregistrée à 03 h. 31 mn. à Stuttgart et Besançon ; aucune inscription dans les stations suisses.

35. - 8 avril 1953 à 03 h. 25 mn. - Ariège : vers 42°9 N, 1°2 E.

Secousse signalée à Seix (Ariège) par l'observateur de la station météorologique (42°52' N, 1°13' E). Elle a été accompagnée d'un bruit sourd. Il n'a pas été fait d'enquête.

36. - 7 juin 1953 à 20 h. 49 mn. - Hautes-Alpes : 44°8 N, 6°6 E.

Secousse assez largement ressentie dans la région briançonnaise : 5 à Freissinières, l'Argentière, St-Martin de Queyrières, Vallouise ; 4 à Vigneaux ; 3 à Arvieux, aux Orres, à Pelvoux, Puy-St-Vincent, la Roche de Rame et St-Crépin ; 2 à Vars.

Des réponses négatives sont parvenues de : Abriès, Aiguilles, Baratier, Ceillac, Champcella, Châteauroux, Château Ville-Vieille, Crévoux, Les Crottes, Embrun, Eyglies, Guillestre, Molines en Queyras, Mont-Dauphin, Orcières, Réotier, Risoul, St-André d'Embrun, St-Clément, St-Jean-St-Nicolas, St-Sauveur et St-Véran.

L'épicentre paraît se situer dans la haute vallée de la Duranc sur l'axe de la zone houillère au N de l'Argentière (44°8 N, 6°6 E). Surface macroséismique : environ 700 km<sup>2</sup> ; 36 réponses dont 12 positives ; R = 15 km.

La secousse a été enregistrée à Clermont-Ferrand (ePb 20 h. 49 mn. 55 s., eSn 20 h. 50 mn. 23 s., iSg 20 h. 50 mn. 38 s., D = 295 km) et faiblement à Bâle (e 20 h. 49 mn. 58,5 s., e 20 h. 50 mn. 37,0 s.).

37. - 12 juin 1953 à 02 h. 50 mn. - Pyrénées Orientales : vers 42°7 N, 2°9 E.

Faible secousse signalée par l'observateur météorologique de Rivesaltes et ressentie 3-4 à Rivesaltes (42°45' N, 2°52' E), 2-3 à Perpignan et Thuir. Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

La secousse a été enregistrée à Clermont-Ferrand (e 02 h. 50 mn. 27 s., M 02 h. 51 mn. 17 s.).

38. - 12 août 1953 à 21 h. 40 mn. - Haut-Rhin : vers 47°4 N, 7°2 E.

Une faible secousse ressentie 3-4 à Lucelle (Ht-Rhin). Cette secousse n'a pas fait l'objet d'une enquête macroséismique.

39. - 1<sup>er</sup> septembre 1953 vers 11 h. 40 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°4 E.

Secousse ressentie dans la région à l'Est de Bagnères-de-Bigorre. On a noté les intensités suivantes : 5 à Sarrancolin, 4 à Barrancouen, 3 à Estaing, Ancizan, Gerde et Beaudéan ; 2 à Luz ; 18 réponses négatives.

L'épicentre se trouve probablement sur le front Nord-Pyrénéen à l'E de Bagnères dans la région de Sarrancolin vers 43°0 N, 0°4 E.

Surface macroséismique : environ 700 km<sup>2</sup> ; (R = 15 km).

40. - 13 octobre 1953 à 09 h. 46 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°02' N, 0°15' E.

Importante secousse dont la surface macroséismique atteint environ 5000 km<sup>2</sup> en France ; elle a été également ressentie en Espagne dans le Val d'Aran. L'épicentre macroséismique (43°02' N, 0°15' E) se trouve

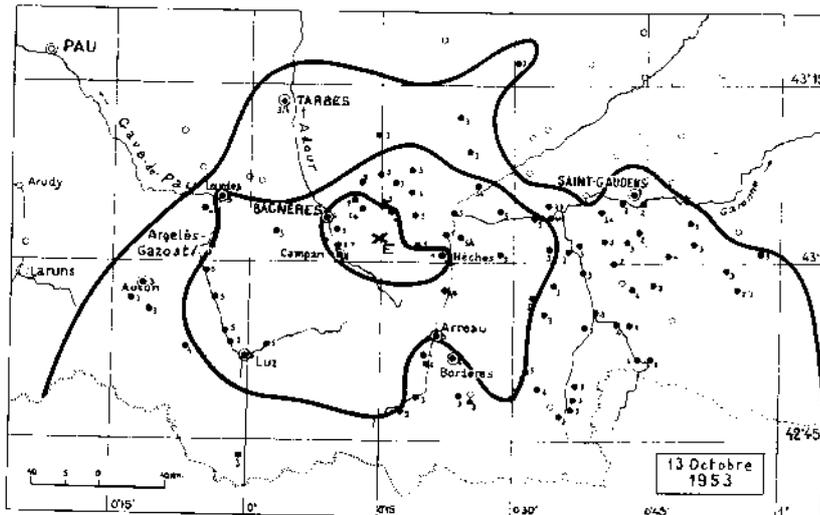


Fig. 9

à 6 km à l'Est de Campan (figure 9). On a noté l'intensité 7 à Héches (fissures, chutes de cheminées) et à Argelès-Bagnères (chutes de cheminées et de tuiles) ; 6 à Sarlabous (lézardes dans les murs, chute de plâtre et de pierres), Campan (chutes de quelques cloisons) ; 5-6 à Bettes (chute d'une cheminée), Pinas (lézardes agrandies), Cleutat (chute de briques de cheminées), St Arroman (balancement très prononcé des fils électriques), à Sarrancolin (légers éboulements sur les rochers voisins). L'intensité 5 a été signalée dans une trentaine de communes dans les Hautes-Pyrénées (Arrens, Cauterets, Ferrières, Lourdes, Luz, etc.) et dans une dizaine de communes de la Haute-Garonne (Aspet, Bagnères-de-Luchon, St Béat, etc.) ; la secousse a été ressentie avec l'intensité 3 dans de nombreuses communes de ces deux départements, ainsi qu'à Louvie-Juzon (Basses-Pyrénées).

L'épicentre est situé sur le front nord-pyrénéen dans la zone des plis jurassiques et crétacés au Nord de la zone axiale.

Enquête macroséismique : 182 réponses dont 99 positives ; R = 50 km ;  $r_s = 23$  km.

Les principales données microséismiques sont :

230 km	Barcelona	Pg	09 h. 46 mn. 25 s.	Sg	09 h. 46 mn. 53 s.	
240	Tortosa	iPg	09 h. 46 mn. 26 s.	iSg	09 h. 46 mn. 57 s.	
379	Clermont-Ferrand	i(Pg)	09 h. 46 mn. 43 s.	iSg	09 h. 47 mn. 46 s.	
490	Toledo	iPn	09 h. 46 mn. 52 s.	i(Pg)	09 h. 47 mn. 13 s.	eSn 09 h. 47 mn. 33 s.
520	Alicante	e	09 h. 47 mn. 11 s.	i(Pg)	09 h. 47 mn. 19 s.	e(Sn) 09 h. 47 mn. 44 s.
580	Chambon	Pn	09 h. 47 mn. 05,5 s.	Pg	09 h. 47 mn. 24 s.	Sg 09 h. 48 mn. 35 s.
649	Besançon	Pg	09 h. 47 mn. 39 s.			iSg 09 h. 48 mn. 56 s.
665	Parc St Maur	ePn	09 h. 47 mn. 14,5 s.	Pg	09 h. 47 mn. 40,5 s.	iSg 09 h. 48 mn. 56,5 s.
686	Neuchâtel	e	09 h. 47 mn. 27,2 s.	e	09 h. 48 mn. 58,2 s.	
690	Almería	P	09 h. 47 mn. 13 s.	e	09 h. 47 mn. 27 s.	
762	Basel	Pg	09 h. 47 mn. 55,0 s.			
770	Malaga	Pn	09 h. 47 mn. 35 s.			
810	Zurich	Pg	09 h. 48 mn. 02,3 s.	e(Sn)	09 h. 49 mn. 28,0 s.	
847	Strasbourg	i(Sn)	09 h. 49 mn. 07 s.	iSg	09 h. 49 mn. 43 s.	
940	Stuttgart	Pg	09 h. 48 mn. 31,2 s.	Sn	09 h. 49 mn. 48 s.	eSg 09 h. 50 mn. 31,2 s.
	Karlsruhe	iSg	09 h. 50 mn. 19 s.			

On peut considérer que le foyer est superficiel. En utilisant l'épicentre macroséismique, l'heure origine calculée est H = 09 h. 45 mn. 45 s. La vitesse des ondes Pg : 5,7 km/s ; vitesse des ondes Sg : 3,4 km/s. Les ondes Pn et Sn sont mal définies.

En utilisant les données ci-dessus, la calculatrice électronique employant les tables d'Haslach a fourni les résultats suivants :

a) avec les phases Pn et Pg (foyer superficiel)

$$42^{\circ}58' N \pm 4', 0^{\circ}20' E \pm 9', H = 09 \text{ h. } 45 \text{ mn } 46,5 \text{ s.} \pm 1,0 \text{ s.}$$

b) avec la phase Sg (foyer superficiel)

42°56' N ± 4', 0°25' E ± 18', H = 09 h. 45 mn. 48,2 s. ± 3,9 s.

c) avec les phases Pn et Pg (foyer à 20 km de profondeur)

42°57' N ± 5', 0°28' E ± 10', H = 09 h. 45 mn. 47,6 s. ± 1,1 s.

d) avec la phase Sg (foyer à 20 km de profondeur)

42°57' N ± 5', 0°15' E ± 24', H = 09 h. 45 mn. 46,2 s. ± 4,9 s.

Le calcul a) est celui qui donne les résultats les plus proches de l'épicentre macroséismique.

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. (1953, p. 622) a pour coordonnées : 43°0' N, 0°2' E, coordonnées également indiquées par le bulletin mensuel du E.C.I.S.

*Bibliographie* : E. Pontséré, Los tremblores de tierra catalanes de los años 1952 y 1953. Real Academia de Ciencias y artes de Barcelona, seccion meteorologica y sismica del Observatorio Fabra, Boletin N° 42, p. 82.

41. - 2 décembre 1953 à 02 h. 37 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°1' N, 0°3' E.

Réplique du séisme précédent, ressentie sur le front nord-pyrénéen. On a signalé les intensités : 5 à Beaudéan, Bourg ; 4 à Sarlabous ; 3-4 à Bagnères-de-Bigorre ; 3 à Arrens, Bettes, Cauterets, Esparros, Ferrières, Garde, Lortet, Lourdes, Luz, Mauléon-Barousse, St-Plancard, Tournay, Villelongue ; 2-3 à Grust et Sarrancolin ; 2 à Arreau et Capvern.

Les données microséismiques sont les suivantes :

230 km	Tortosa	ePg	02 h. 37 mn. 49 s.	iSg	02 h. 38 mn. 19 s.
379	Clermont	e(Pg)	02 h. 38 mn. 09,5 s.	eSg	02 h. 38 mn. 57,5 s.
649	Briançon	e	02 h. 40 mn. 20 s.	e	02 h. 40 mn. 40 s.
665	Paris	e	02 h. 40 mn. 16,5 s.	e	02 h. 41 mn. 28,5 s.

Heure origine calculée : H = 02 h. 37 mn. 09 s.

Enquête macroséismique : 32 réponses dont 21 positives ; R = 32 km.

42. - le 16 décembre 1953 à 21 h. 10 mn. - Ariège : 42°9' N, 1°0' E.

Secousse signalée par la station météorologique de Seix.

L'enquête macroséismique a fourni 18 réponses positives : Intensité 5 à Audressein, Balacet, Ucheutein ; 3 à Argein, Balaguères, Castillon, Cazavet, Erce, le Port, Sentein et Videssos ; 2-3 à Antras, Bonac, Bethmale, Buzan, Lacourt ; 2 à Eycheil et Tarascon. 46 réponses négatives ; rayon de la surface macroséismique : 15 km.

L'épicentre défini par la zone d'intensité maxima se trouverait aux environs de Castillon, à 15 km au SW de St Girons (voir figure 13).

Ce séisme n'a pas été inscrit par les observatoires séismologiques.

43. - 14 février 1954 à 08 h. 23 mn. - Aude : 42°8' N, 1°9' E.

Secousse signalée par l'Observateur de la station météorologique de Merial (Aude).

Enquête macroséismique : 15 réponses dont 8 positives ; R = 12 km ; r<sub>1</sub> = 5 km.

On a noté les intensités : 5 à Fajolle, Merial et Niort-de-Sault ; 3-4 à Roquefeuil, 3 à Belfort, Belvis, Campagna de Sault, Comus et Galinagues.

L'épicentre est probablement situé dans le massif de Pailhères à 10 km au Nord-Est d'Ax-les-Thermes (42°8' N, 1°9' E) ; il est très voisin de celui de la secousse du 9 avril 1939 (42°45' N, 1°50' E) ; ces deux foyers sont situés dans les terrains qui bordent au Nord la zone axiale pyrénéenne ; des bandes étroites de terrains siluriens, dévoniens et carbonifères sont orientés WNW-ESE parallèlement à la direction générale des plis pyrénéens ; les accidents tectoniques sont fréquents dans cette zone bordière. On rappellera également le foyer du séisme du 15 avril 1938, situé sur la ligne de contact anormal jalonnée par Garse (Commune de Bessède), St-Colombe, Montfort, Rabouillet et Sournia (épicentre vers 42°45' N, 2°15' E).

La secousse a été faiblement inscrite à Besançon (e 08 h. 23 mn. 41 s.) et à Paris (e 08 h. 24 mn. 20 s.).

44. - 13 avril 1954 à 07 h. 49 mn. - Meurthe-et-Moselle : 49°13' N, 6°00' E. (Séisme artificiel).

Coup de toit à la mine "Orne" à Moyeuvre-Grande ; la secousse a été fortement ressentie à Montois-la-Montagne et à Roncourt.

Les ondes sismiques ont été enregistrées par 8 stations européennes jusqu'à Trieste. L'heure origine calculée est H = 07 h. 49 mn. 33 s.

Voir : E. Peterschmitt, les enregistrements sismiques des effondrements spontanés du Bassin de Briey, *Revue de l'Industrie Minière*, Paris, vol. 44, N° 4, avril 1952.

Un effondrement analogue s'était produit dans la mine d'Auboué le 13 février 1940 (voir J. P. Rothé et N. Dechevoy, La sismicité de la France de 1940 à 1950, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, tome VII, 1954, p. 4).

45. - 19 mai 1954 à 09 h. 35 mn. - Valais : 46°17' N, 7°17' E.

Ce séisme originaire du massif des Diablerets en Suisse, a été largement senti dans plusieurs départements du Nord-Est et de l'Est de la France. Dans la zone épicertrale l'intensité 7-8 a été atteinte (légers dégâts à Sion, quelques éboulements en montagne (voir E. Wanner, Jahresbericht des Erdbebenendienstes der Schweiz im Jahre 1954, *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt*, 1954, Anhang N° 5, une carte macrosismique).

En France, on a noté l'intensité 5 à Abondance, Boège, Chatel, Chatillon ; 4-5 à Biot et Cluses ; 4 à Rumilly ; 3-4 à Samoëns et Seyssel ; 3 dans de nombreuses communes de la Haute-Savoie ; en Savoie on a noté 3-4 Albertville ; 3 à la Motte-Servolex, St-Pierre d'Albigny ; 2-3 à Aix-les-Bains et à la Rochette (oscillation d'une bibliothèque et d'une statuette) ; on a également noté 4 à Seyssel et 3 à Belley, Bourg, Hauteville, Gex, Lagnieu et St Rambert (Ain) ; 3 à Salins, Poligny et St Amour (Jura) ; 4 à Clerval, 3 à Baume les Dames, Maiche, Montbéliard, St-Hippolyte, Hérimoncourt (Doubs) ; 3 à Belfort (T. de B.), Dannemarie, Ferrette et Mulhouse (Ht-Rhin).

Le rayon de la surface macrosismique principale est seulement d'environ 60 km mais en dehors de cette limite de nombreuses localités isolées ont signalé la secousse jusqu'à une distance de 160 km (Mulhouse). On est donc en présence d'un cas où il est très difficile d'indiquer la valeur exacte de la surface macrosismique.

Enquête macrosismique : 292 questionnaires expédiés ; 254 réponses dont 95 positives ; R = 60 à 160 km ; r<sub>s</sub> = 40 km ?

Le séisme a été inscrit dans 68 stations européennes et américaines ; l'heure origine est H = 09 h. 34 mn. 55 s. L'U.S.S. (1954, p. 304) indique un épicertré probablement légèrement inexact (46°4' N, 7°2' E). Karnik a évalué à 5,0 la magnitude de la secousse.

Une faible réplique a été signalée le 14 juin 1954 à 05 h. 34 mn. à St-Jean d'Aulph (Haute-Savoie) ; cette réplique a été largement ressentie en Suisse.

46. - Le 18 juillet 1954 à 05 h. 45 mn. - Loire Atlantique : 47°37' N, 1°21' W.

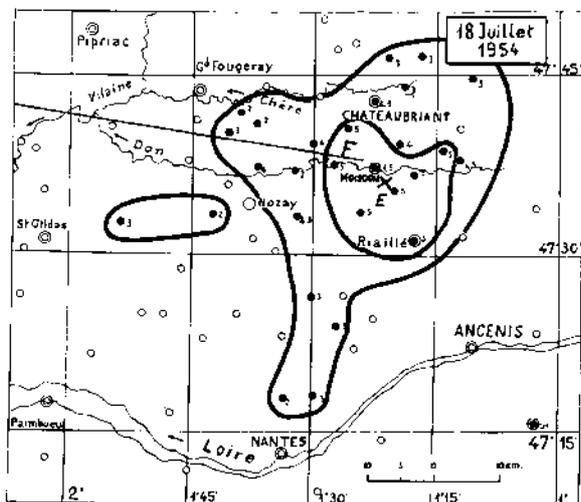


Fig. 10

Enquête macrosismique : 134 questionnaires envoyés, 130 réponses dont 30 positives ; R = 21 km ; r<sub>s</sub> = 10 km.

On a noté l'intensité 5 au Grand et Petit Auverné, Issé, Louisfort, Meillerayo de Bretagne, Riaillé, St-Julien-de-Vouvantes et Soudan ; 4-5 à Albaretz, Chateaubriant et Moisdon-la-Rivière.

L'épicertré macrosismique (figure 10) se trouve au S de Chateaubriant dans la région de Moisdon et coïncide exactement avec l'extrémité orientale du grand accident tectonique de direction armoricaine qui forme le contact entre les terrains granitogneissiques et les terrains siluriens sur une longueur de 150 km entre Plouay et Moisdon. Cet accident tectonique doit donc être considéré encore comme actif.

47. - 29 juillet 1954 à 04 h. 42 mn.

- Valais : 46°17' N, 7°30' E.

Importante secousse originaire du Valais : le foyer est voisin de celui du séisme du 25 janvier 1946 (46°19' N, 7°30' E).

Dans la zone épiscopale on a noté l'intensité 6-7 à Montana, 6 à Sion et Leuckerbad ; la secousse a été ressentie 4-5 dans les Alpes Valaisanes et Bernoises, 3-5 entre Genève et le Lac de Constance, 3-4 dans le Jura, dans le N de l'Italie et l'W de l'Allemagne. La carte macroséismique (figure 11) montre qu'en France, bien que l'intensité ait été en général moindre, la secousse s'est étendue presque aussi largement que celle du 30 mai 1946 par exemple. L'intensité maxima en France (5) a été notée à Abondance, Ronneville, Chamonix et Rumilly (Haute-Savoie), Gex (Ain), Arbois (Jura), Noroy-le-Bourg (Haute-Saône).

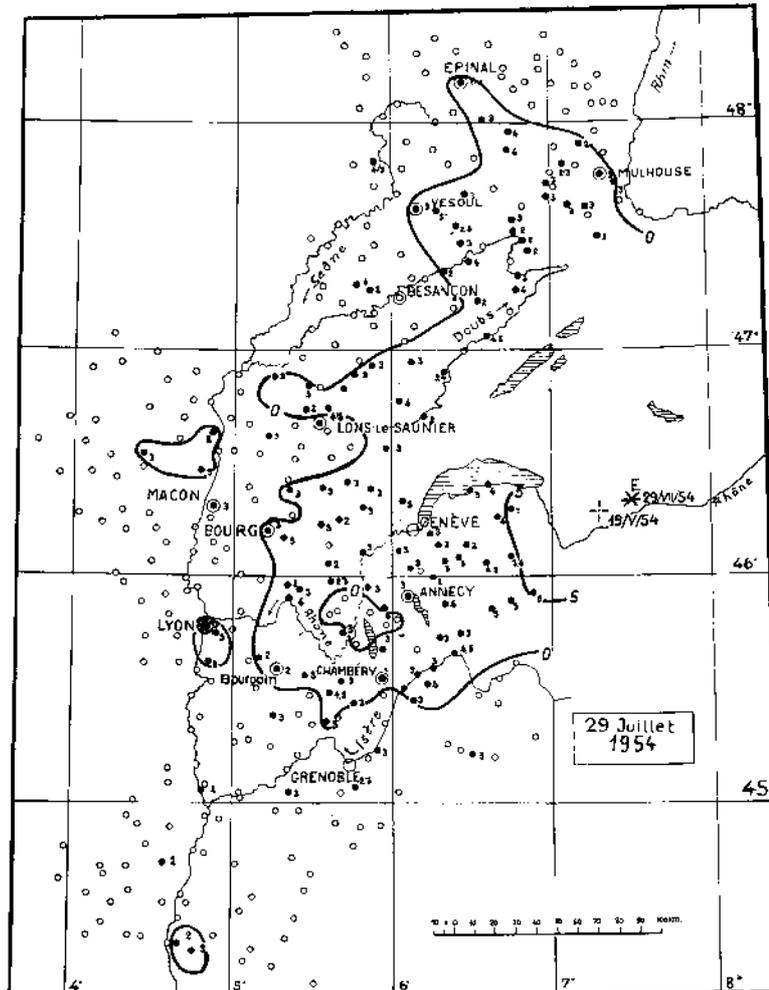


FIG. 11

La limite de la zone macroséismique en France est assez irrégulière, le rayon de l'isosciste 1,5 variant entre 90 km vers le Sud (Haute-Savoie) et 200 km vers le Nord (Remiremont, Vosges).

Enquête macroséismique : 344 réponses dont 122 positives ;  $R = 160 \text{ km ?}$  ;  $r_s = 60 \text{ km ?}$

La secousse a été inscrite dans 52 stations jusqu'à une distance de 26 degrés et en outre à Seven Falls et Hungry Horse (voir : I.S.S., 1954, pp. 444-445).

L'heure origine calculée est  $H = 04 \text{ h, } 42 \text{ min, } 26 \text{ s.}$

D'après les enregistrements obtenus l'amplitude maxima du mouvement du sol a été environ 75 fois plus faible que lors du séisme principal du 25 janvier 1946.

48. - 2 novembre 1954 à 20 h. 58 mn. - Limousin : 46°1 N, 1°5 E.

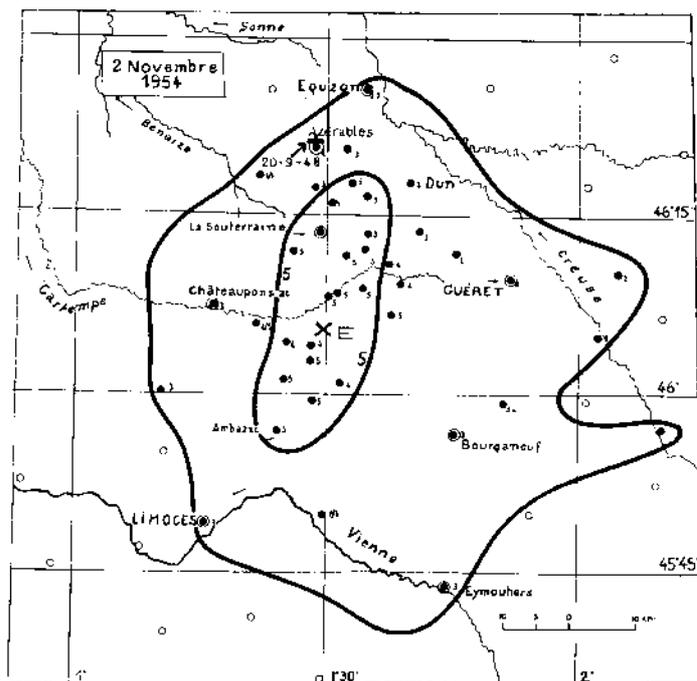


Fig. 12

Secousse non inscrite dans les stations sismologiques, mais ressentie sur une surface d'environ 4 000 km<sup>2</sup> dans les départements de la Creuse et de la Haute-Vienne (figure 12) ; l'épicentre est situé un peu au Sud de celui du choc principal d'une série de secousses ressenties en 1948 autour de Azéables (46°21' N, 1°29' E) dans une région où la tectonique hercynienne est beaucoup plus complexe qu'on ne le croyait autrefois. (Voir : J.P. Rothé et N. Dechevoy, *Annales Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, t. VII, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, p. 28).

Enquête macrosismique : 121 questionnaires envoyés, 117 réponses dont 42 positives ; R = 36 km ; r<sub>3</sub> = 13 km.

On a noté les intensités suivantes : 5 à St-Etienne-de-Fursac, St-Priest-la-Feuille, Chamborand, St-Germain-Beaupré, Lizières, St-Pierre-le-Fursac, St-Agnan-de-Versillac et St-Maurice (Creuse), Ambazac-la-Jonchère, Laurière, St-Léger-la-Montagne et St-Sulpice-Laurière (Haute-Vienne).

La secousse a été ressentie avec l'intensité 4 à Guéret et 3 seulement à Azéables épicentre des secousses de 1948.

Survenant quelques semaines après le séisme d'Orléansville, la secousse a provoqué dans le Limousin une certaine émotion dont témoignent les articles de presse publiés ; une partie de la population de la zone secouée passa la nuit dans les champs.

49. - 9 novembre 1954 à 19 h. 05 mn. - Chautagne : 45°9 N, 5°8 E.

Une enquête macrosismique très limitée et tardive a fourni les renseignements suivants : intensité 5-6 à Serrières en Chautagne (chute de tuiles et de tonneaux empilés), 4-5 à Ruffieux (chute d'objets légers), 5 à Anglefort, 3-4 à Seyssel ; 3 à Corbonod (Ain) ; 4-5 à Rumilly, 4 à Seyssel et 2-3 à Thusy (Haute-Savoie) ; rayon macrosismique : 12 km ?

D'après ces renseignements l'épicentre (45°9 N, 5°8 E) est situé en Chautagne, un peu au Nord du débouché du lac du Bourget dans la vallée du Rhône ; cet épicentre est très voisin de celui de la grande secousse du 19 février 1822 (45°50' N, 5°50' E) et de la secousse plus faible du 27 mai 1947 (45°44' N, 5°47' E).

La secousse du 9 novembre 1954 a été inscrite dans plusieurs observatoires : les données microsismiques sont les suivantes :

150 km	Neuchâtel	iPg	19 h. 05 mn. 25,4 s.	eSg	19 h. 05 mn. 43,0 s.
152	Besançon	iPg	19 h. 05 mn. 25 s.	eSg	19 h. 05 mn. 42 s.
210	Clermont	ePn	19 h. 05 mn. (34) s.	e	19 h. 06 mn. 12 s.
228	Basel	ePg	19 h. 05 mn. 37,7 s.	eSg	19 h. 06 mn. 05 s.
268	Zürich	ePg	19 h. 05 mn. 45,2 s.	eSg	19 h. 06 mn. 15,6 s.
333	Strasbourg	ePg	19 h. 06 mn. 02,5 s.	eSg	19 h. 06 mn. 33 s.
400	Paris	e(Sn)	19 h. 06 mn. 44,3 s.	e(Sg)	19 h. 06 mn. 59,3 s.
409	Stuttgart	e	19 h. 06 mn. (07,0) s.	e(Sn)	19 h. 06 mn. 36,1 s.
706	Iéna	e	19 h. 08 mn. 26 s.		
793	Praha	e	19 h. 08 mn. 43 s.	eiSg	19 h. 08 mn. 51,5 s.

Heure origine calculée : h = 19 h. 05 mn. 00 s. foyer superficiel.

Ces données permettent de définir les vitesses suivantes :

onde Pg v = 6,0 km/s

onde Sg v = 3,5 km/s

La calculatrice électronique utilisant les données des sept premières stations de la liste ci-dessus a fourni les coordonnées suivantes (pour un foyer superficiel)

46°0 N ± 0°4, 5°75 E ± 0°4, H = 19 h, 05 mn, 03,2 s. ± 4,5 s.

Les données sont trop peu nombreuses pour que le calcul puisse fournir un résultat précis.

50. - 7 décembre 1954 à 23 h, 36 mn. - Hautes Pyrénées : 43°0 N, 0°1 E.

La surface macroséismique couvre environ 700 km² (R = 15 km). L'épicentre macroséismique pourrait se trouver dans la région de Campan (43°0 N 0°1 E). On a noté les intensités suivantes : 5 à Montgaillard et Ste-Marie de Campan ; 3-4 à Ossen, 3 à Asté, Campan, Gerde et Sarrancolin. La secousse a été également ressentie à Bagnères-de-Bigorre, Beaudéan, Hâches et Ilhet.

Le foyer est situé sur le front nord-pyrénéen, dans la zone de contact entre la zone axiale et l'avant-pays pyrénéen.

Cette secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires.

Enquête macroséismique : 22 réponses dont 7 positives.

51. - 12 au 13 décembre 1954 (Nuit). - Manche : vers 48°8 N, 1°1 W

Secousse assez fortement ressentie par l'observateur de la station météorologique de Coulouvray-Boisbenâtre (Manche) (48°47' N, 1°07' W).

Il n'a pas été fait d'enquête.

52. - 7 janvier 1955 à 08 h, 21 mn. - Atlantique au voisinage de l'île d'Oléron : 46°0 N, 1°5 W.

Important séisme dont l'épicentre se trouve probablement immédiatement à l'W de l'île d'Oléron et qui a été largement ressenti dans l'W de la France en Charente-Maritime, Vendée, Charente, Deux-Sèvres et Gironde.

On a noté l'intensité 5 sur toute l'étendue de l'île d'Oléron (St-Denis, St-Georges, St-Pierre, Le Château d'Oléron, Dolus) et dans une partie de l'île de Ré (St-Martin-de-Ré, la Flotte) ; l'intensité 5 a également été observée en quelques points de la côte (Charron, Marsilly, Nieul, La Rochelle, Chatelaillon-Plage, Bourcefranc, etc.).

Enquête microséismique : 209 réponses dont 105 positives ; R = 105 km ; r<sub>3</sub> = 35 km.

Données microséismiques :

356 km	Jersey	e(Sg)	08 h, 23 mn, 08 s.	c	08 h, 23 mn, 24,5 s.
357	Clermont	iPg	08 h, 22 mn, 22 s.	iSg	08 h, 23 mn, 04,5 s.
434	Paris	e	08 h, 22 mn, 42 s.	iSg	08 h, 23 mn, 27 s.
589	Besançon	ePg	08 h, 23 mn, (00) s.	eSg	08 h, 24 mn, 14 s.
592	Tortosa	e	08 h, 23 mn, 29 s.	iSg	08 h, 24 mn, 14 s.
688	Uccle	e(Pg)	08 h, 23 mn, 23 s.	eSg	08 h, 24 mn, 38 s.
715	Basel	ePg	08 h, 23 mn, 22,6	eSg	08 h, 24 mn, 45,0 s.
756	Strasbourg	iPg	08 h, 23 mn, 30 s.	e	08 h, 24 mn, 55 s.
780	Zürich	ePg	08 h, 23 mn, 34,4 s.	eSg	08 h, 25 mn, 02,1 s.
810	Alicante	ePg	08 h, 23 mn, 38 s.	e	08 h, 24 mn, 50 s.
864	Stuttgart	cPg	08 h, 23 mn, 46,5 s.	e(Sg)	08 h, 25 mn, 30,6 s.
1260	Praha	(e)	08 h, 26 mn, 19 s.	e	08 h, 26 mn, 30 s.

Heure origine calculée : H = 08 h, 21 mn, 20 s.

Ces données permettent de définir les vitesses suivantes :

onde Pg v = 5,85 km/s

onde Sg v = 3,4 km/s

L'épicentre précédemment indiqué (I.S.S., 1955, p. 23) est un peu plus occidental (46°0N, 1°7 W).

53. - 23 février 1955 à 12 h. 01 mn. - Vienne : vers 46°7 N, 0°8 E.

Une légère secousse signalée par l'observateur de la station météorologique de Chatellerault a été faiblement ressentie 3-4 à Saint-Savin, Antigny, Nalliers ; 3 à Chatellerault, St-Sauveur et Senillé.

La zone macroséismique est allongée en direction NW-SE entre Chatellerault et Saint-Savin. L'épicentre approximatif a pour coordonnées 46°7 N, 0°8 E, point situé dans le détroit du Poitou dans la zone d'ennoyage des plis hercyniens, peut-être sur le prolongement du grand accident tectonique Thouarcé-Loudun.

Enquête macroséismique : 45 réponses dont 6 positives.

La secousse a été inscrite à Clermont-Ferrand (e 12 h. 01 mn. 18 s., M 12 h. 01 mn. 48 s.).

54 - 8 mars 1955 à 16 h. 55 mn. - Ariège : 42°8 N, 1°3 E.

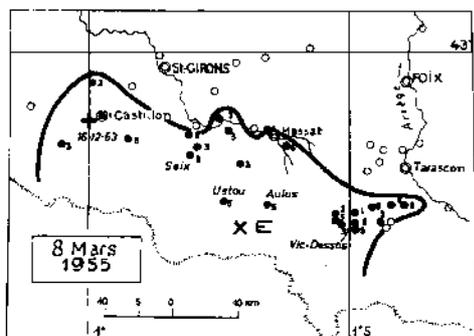


Fig. 15

Secousse signalée par l'observateur de la station météorologique d'Auzat (Ariège). On a noté l'intensité 5 à Aulus-les-Bains, Auzat, Bethmale, Capoulet-et-Junac, Illier-et-Laramade, Salceix, Ustou, Vic-dessos ; 4 au Port ; 3 à Aleu, Balaguères, Castelnau-Durban, Castillon, Ercé, Goulier-et-Olbier, Lercoul, Miglos, Orus, Sentein, Soulan, Sem, Vic ; 2 à Bousenac et Rogalle.

L'épicentre est probablement situé au voisinage de Aulus (42°48' N 1°19' E), dans une région à la tectonique complexe sur le bord nord des Pyrénées (figure 13). Les épicentres des séismes du 9 avril 1939 (42°45' N, 1°50' E), du 14 février 1954 (42°8 N, 1°9 E) et du 15 avril 1938 (42°45' N, 2°15' E) jalonnent le prolongement oriental de cette zone tectonique.

Enquête macroséismique : 59 réponses dont 24 positives ; R = 20 km.

La secousse a été inscrite à Clermont-Ferrand (eP 16 h. 56 mn. 29 s., e 16 h. 58 mn. 02 s.).

55 - 12 mai 1955 à 14 h. 16 mn. - Piémont : 44°32' N, 7°18' E.

Séisme originaire d'Italie : le foyer se trouve sur l'arc séismique piémontais (44°32' N, 7°18' E) dans le Val di Maira à l'Est de Stroppo où l'intensité a atteint le degré 7 (chutes de tuiles, lézardes). Une carte macroséismique a été publiée (voir : M. de Panfilis, *Attività sismica in Italia dal 1953 al 1957, Annali di Geofisica*, vol. XII, 1959, p. 59-60).

Sur territoire français, la secousse a été ressentie dans les Alpes Maritimes (3 à Chateaufort d'Entraunes, Guillaumes, Isola, St-Etienne de Tinée, St-Sauveur, Valdeblone et Villars ; 2-3 à Contes, St-Martin d'Entraunes et St-Martin-Vésubie) et dans les Hautes-Alpes (3-4 à Abriès, 3 à Château-Ville-Vieille et Ristolas ; 2-3 à St-Véran). La limite de la zone macroséismique en France forme un arc de cercle dont le rayon est d'environ 55 km. La surface macroséismique est beaucoup plus faible que celle du séisme du 17 février 1947 dont l'épicentre (44°45 N, 7°16' E) était voisin de celui du 12 mai 1955.

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires européens (voir Bulletin mensuel B.C.I.S., mai 1955, pp. 290-291).

Heure origine calculée : H = 14 h. 16 mn. 00 s.

56. - 20 juin 1955 à 04 h. 47 mn. - Piémont : 44°32' N, 7°18' E.

Réplique du séisme précédent. La secousse a été ressentie en Italie avec l'intensité 7 à Prazzo, 6 à Marmora, Casteldelfino et Brossasco, 5-6 à Stroppo. Une carte macroséismique a été publiée par M. de Panfilis (*loc. cit.* p. 62).

En France, la secousse s'est étendue un peu plus largement que celle du 12 mai 1955 : la limite de la zone macroséismique jalonnée par Briançon, l'Argentière, Guillestre, Barcelonnette, Guillaumes, Villars, Contes, forme un arc de cercle dont le rayon est d'environ 70 km. Dans les Alpes Maritimes on a noté l'intensité 5 à Isola et St-Etienne-de-Tinée, 4 à St-Martin d'Entraunes, 3 à Bar, Clans, Contes, Marie, Puget-Theniers, St-Léger, St-Martin-Vésubie, St-Sauveur Turbie, Valdeblone, Villars... Dans les Hautes-Alpes l'intensité 5 a été atteinte à Château-Ville-Vieille, 4-5 à Ceillac, 4 à Abriès, 3 à l'Argentière, Briançon, Cervières, Guillestre, Molines-en-Queyras, Mt-Dauphin, La Roche-de-Rame, St-Crépin et Ristolas. Dans les Basses-Alpes on a observé 5 à Condamine-Chatelard, Faucon sur Ubaye, Jaussiers, 4 à Larche, Meyronnes ; 3 à Barcelonnette, au Lauzet et à Méolans ; 2 à Allos. Enfin dans le Var on a noté 4 à Brignoles, 3 à Fayence, 2 à Barjols et Besse.

Enquête macroséismique : 127 réponses dont 44 positives ; R = 70 km.

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires européens (Bulletin mensuel B.C.I.S., juin 1955, p. 406). Heure origine calculée : H = 04 h. 47 mn. 37 s.

Une faible réplique a été ressentie dans la région épiscopentrale le 1<sup>er</sup> août 1955 à 08 h. 47 mn. ; elle a été signalée en France à St-Sauveur de Tinée (3) et Isola (2). La secousse a été inscrite dans quelques observatoires européens (Bulletin mensuel B.C.I.S., août 1955, p. 508).

Heure origine calculée : H = 08 h. 47 mn. 50 s.

57. - 2 juillet 1955 à 05 h. 52 mn. - Hautes-Alpes : vers 44°4 N, 6°5 E.

Séisme inscrit dans plusieurs observatoires européens ; il n'a pas été recueilli d'observations macroséismiques.

Les données microséismiques sont les suivantes :

110 km	Monaco	iPg	05 h. 52 mn. 18,0 s.	iSg	05 h. 52 mn. 33,1 s.
290	Neuchâtel	ePg	05 h. 52 mn. 49,3 s.		
300	Clermont	e(P)	05 h. 52 mn. 55 s.	M	05 h. 53 mn. 46 s.
320	Besançon	ePg	05 h. 53 mn. 53 s.	e(Sg)	05 h. 53 mn. 34 s.
360	Bâle	ePg	05 h. 53 mn. 01,5 s.	Sg	05 h. 53 mn. 49 s.
370	Zürich	e(Pg)	05 h. 53 mn. 00,3 s.	(Sg?)	05 h. 53 mn. 43,9 s.
475	Strasbourg	(e)(Pg)	05 h. 53 mn. 24 s.	e(Sg)	05 h. 54 mn. 19 s.
530	Stuttgart	e	05 h. 53 mn. 28,5 s.	e	05 h. 54 mn. 38,5 s.

Ces données, peu concordantes, conduisent à un épiscentre vers 44°4 N, 6°5 E, c'est-à-dire au foyer du séisme du 22 mars 1949, précédemment étudié (44°24' N, 6°25' E) au voisinage du Lauzet (Basses-Alpes). Heure origine calculée : H = 05 h. 52 mn. 00 s.

58. - 4 septembre 1955 à 19 h. 01 mn. - Deux Sèvres : 46°8 N, 0°6 W.

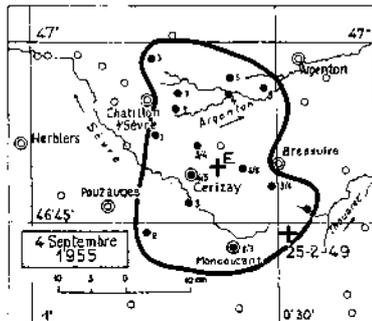


Fig. 14

Secousse signalée par la station météorologique d'Aubiers et ressentie 5 aux Aubiers, Moncoutant et St-Clémentin ; 4-5 à Breuil-Chaussée et Cerizay ; 4 à Nucil-les-Aubiers etc. La surface macroséismique est d'environ 800 km<sup>2</sup>. (figure 14).

Enquête macroséismique : 64 réponses dont 16 positives ; R = 16 km.

L'épicentre a été choisi au centre de la zone macroséismique un peu à l'Est de Cerizay (46°50' N, 0°40' W). Au point de vue géologique, la zone intéressée par la secousse est formée uniquement de terrains granitogneissiques (massif armoricain). On remarquera que l'épicentre est voisin de celui de la secousse du 25 février 1949 (46°44' N, 0°29' W), situé à mi-chemin entre Parthenay et Cerizay. Il est possible que ces deux foyers jalonnent le prolongement à travers le massif granitique vendéen du grand accident de direction armoricaine qui s'étend de Vannes à Nantes.

59. - 12 septembre 1955 à 20 h. 32 mn. - Haute-Vienne : 46°2 N, 1°3 E.

Secousse largement ressentie (figure 15) dans les départements de la Haute-Vienne, de la Creuse, de la Vienne, de l'Indre et de la Charente sur une surface de 8700 km<sup>2</sup> (rayon macroséismique R = 52 km). Nulle part l'intensité n'a dépassé le degré 5, mais ce degré a été signalé sur une surface relativement importante (1930 km<sup>2</sup>, soit sur un rayon r<sub>5</sub> de 25 km).

L'intensité 5 a été observée en Haute-Vienne à Ambazac, Azat-le-Riz, la Bazauge, Bersac, Nessines-sur-Gartempe, Blond, Boussac, Châteauponsac, Cromac, Darnac, Dompierre-les-Eglises, Dinsac, Folles, Les-Grands-Chézeaux, Jonac, St-Sulpice-Laurière, Laurière, Lussac-les-Eglises, Mailhac s/Benaize, Nantiat, Rancon, Razès, St-Amant-Magnazeix, St-Barbant, St-Bonnet-de-Bellac, St-Hilaire-la-Treille, St-Léger-Magnazeix, St-Léger-la-Montagne, St-Martin-le-Mault, St-Priest-le-Betoux, St-Priest-Taurion, St-Sulpice-les-Pouilles, Villefavard, Verneuil-Moustiers. Dans la Creuse on a également noté l'intensité 5 à Azat-Châtenet, Grand-Bourg, Lizières, Marsac, St-Germain-Beaupré, St-Agnant-le-Versillat, St-Cristophe, St-Léger-le-Guérétois, St-Maurice, St-Pierre-de-Fursac, St-Sébastien et Vareilles.

Enquête macroséismique : 184 réponses dont 125 positives ; R = 52 km ; r<sub>5</sub> = 25 km.

L'épicentre macroséismique approximatif a pour coordonnées 46°2 N, 1°3 E, point situé entre Châteauponsac et la Souterraine, dans une région granito-gneissique à la tectonique complexe ; nous avons déjà signalé dans la même région les secousses du 20 septembre 1948 et du 23 décembre 1948 dont l'épicentre se trouvait aux environs d'Azérables (46°21' N, 1°29' E).

La secousse du 12 septembre 1955 a été enregistrée dans plusieurs observatoires européens.

Les données microséismiques sont les suivantes :

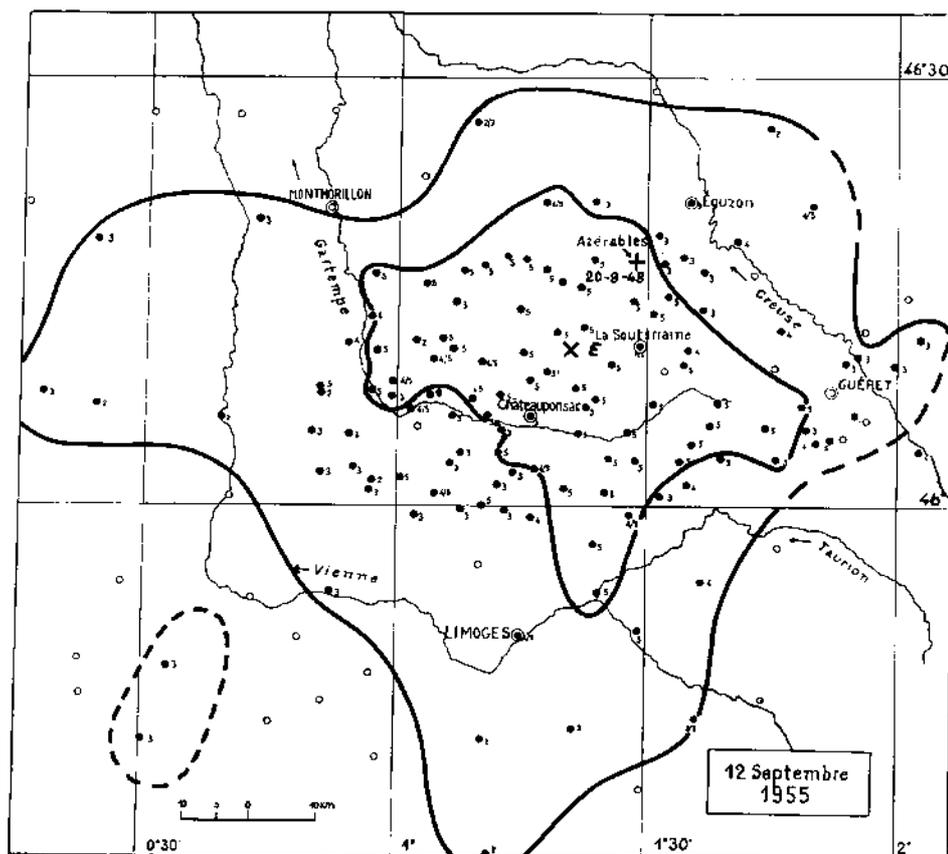


Fig. 15

143 km	Clermont-F.	iPg	20 h. 33 mn. 17,5 s.	iPn	20 h. 33 mn. 21 s.	
303	Paris	iPn	20 h. 33 mn. 40,5 s.	iPg	20 h. 33 mn. 46 s.	iSg 20 h. 34 mn. 25 s.
372	Besançon	e(Sn)	20 h. 34 mn. 20 s.	c	20 h. 35 mn. 22 s.	
438	Neuchâtel	e	20 h. 34 mn. 55,6 s.			
500	Basel	e	20 h. 34 mn. 48,8 s.			
550	Strasbourg	i(Sb)	20 h. 35 mn. 32,5 s.	i(Sg)	20 h. 35 mn. 39 s.	
563	Zürich	e	20 h. 35 mn. 25,5 s.			
657	Stuttgart	ePg	20 h. 34 mn. (41) s.	eSg	20 h. 36 mn. 08,0 s.	

L'heure origine calculée est : H = 20 h. 32 mn. 55 s.

60-62. - 22 octobre au 27 novembre 1955. - Essaim de Haute-Saône : 47°24' N, 5°59' E.

Un essaim de 23 secousses s'est produit en Haute-Saône entre le 21 octobre et le 27 novembre 1955.

Le tableau suivant donne la liste des secousses inscrites par la station de Besançon ou ressenties dans la zone épiscopentrale. Les deux secousses principales, le 3 novembre à 14 h. 27 mn. et le 23 novembre à 06 h. 39 mn. font l'objet d'une étude spéciale qu'on trouvera plus loin.

Date	Inscriptions à		Renseignements macroséismiques	
	Besançon	Neuchâtel		
Oct. 21	iPg	14 h. 35 mn. 13 s.	eP	14 h. 35 mn. 23,7 s.
	iSg	15 s.	eS	35,7 s.
- 22	iPg	09 h. 03 mn. 16 s.		
	eSg	18 s.		
- 24	iPg	08 h. 44 mn. 17 s.		
	iSg	19 s.		

Date	Inscriptions à				Renseignements macroséismiques
	Besançon		Neuchâtel		
Oct. 27	iPg	01 h. 15 mn. 39 s.	eP	01 h. 15 mn. 53,7 s.	Ressenti IV-V à Montarlot, Boulton, Oiselay, Gesiers, Frasne etc.
- 28	eSg	40,5 s.	iP	00 h. 46 mn. 14,3 s.	Ressenti dans la région épiscopale.
- 28	iPg	00 h. 46 mn. 03 s.	S	26 s.	
- 28	iPg	07 h. 19 mn. 52 s.			Ressenti à Chevros et Montarlot.
- 29	iPg	03 h. 47 mn. 23 s.	e	03 h. 47 mn. 34,5 s.	Ressenti dans la région épiscopale.
- 29	iSg	24,5 s.	iS	46 s.	
- 29	dans le précédent (inscrit à Strasbourg iSg 03 h. 48 mn. 59,5 s.)				
Nov. 3	iPg	14 h. 27 mn. 48 s.	iPg	14 h. 28 mn. 00 s.	Voir étude spéciale n° 61
- 3	iPg	20 h. 44 mn. 45,5 s.	eSg	09,7 s.	Ressenti à Montarlot etc.
- 3	iSg	47			
- 7	hors service		iPg	20 h. 59 mn. 15,7 s.	Ressenti à Montarlot
- 7	hors service		eSg	26,1 s.	
- 20	iPg	04 h. 19 mn. 17,2 s.	iP	04 h. 19 mn. 28,8 s.	Ressenti à Montarlot à 23 h. TMG
- 20	iSg	19,0 s.	eS	39,4 s.	Ressenti
- 20	iPg	04 h. 35 mn. 13,7 s.	iP	04 h. 35 mn. 25,4 s.	Ressenti
- 20	iSg	15,4 s.	iS	35,9 s.	
- 20	iPg	04 h. 36 mn. 35,6 s.	iP	04 h. 36 mn. 47,7 s.	Ressenti
- 20	iSg	37,4 s.	iS	58,3 s.	
- 20	iPg	06 h. 17 mn. 53,0 s.	eP	06 h. 18 mn. 04,9 s.	Ressenti
- 20	iSg	54,7 s.	iS	15,4 s.	
- 20	iPg	11 h. 51 mn. 54,4 s.			Ressenti
- 20	iSg	56,3 s.			
- 21	iPg	03 h. 27 mn. 15,4 s.	eP	03 h. 27 mn. 27,4 s.	Ressenti
- 21			eS	38,0 s.	
- 21	iPg	04 h. 06 mn. 25,0 s.	eP	04 h. 06 mn. 36,7 s.	Ressenti
- 21			eS	47,0 s.	
- 21					Ressenti à 17 h. 45 mn. à Cussey
- 23	iPg	06 h. 39 mn. 15,0 s.	iPg	06 h. 39 mn. 26,5 s.	Voir étude spéciale n° 62
- 23			iSg	37,0 s.	
- 23	iPg	07 h. 08 mn. 05,9 s.	eP	07 h. 08 mn. 18,0 s.	Ressenti
- 23				29,0 s.	
- 27	iPg	19 h. 22 mn. 41,2 s.			Ressenti à Montarlot
- 27	iSg	43,1			

61. - 3 novembre 1955 à 14 h. 27 mn.

La secousse a été ressentie en Haute-Saône (figure 16) avec les intensités suivantes : 5-6 à Montarlot-Rioz (lézardes d'une cheminée, chute de plâtras), Bonnevent, Boulton, Chaux-la-Lotière, Le Cordonnet, Cromary, Oiselay, Vaux-le-Moncelot, Villers-Bouton ; 4-5 à Etuz, Fretigny, Vrezille ; 4 à Fondremand, Veray ; 3-4 à Frasne-le-Château, Rioz ; 3 à Apremont, Aulx-les-Cromary, Chambornay-les-Pins, Etreilles, Marnay, Monthoillon, Pin-l'Émagny, Recologne-les-Rioz, Villefrancon, Villeclaire ; 2 à Brussey, Pennesières, Courbouy et Vantoux.

Dans le Doubs on a noté 5 à Besançon, Mérey-Vieille ; 4-5 à Vieille ; 4 à Cussey s/l'Ognon ; 3-4 à Audeux ; 3 à Geneuille, Moncey, La-Tour-de-Scay ; 2 à Bonnay, Chevros et Valentin.

Rayon de la surface macroséismique R = 15,5 km ; r<sub>0</sub> = 7 km.

Les observations microséismiques sont les suivantes :

18 km	Besançon	iPg	14 h. 27 mn. 48 s.			
87	Neuchâtel	ePg	14 h. 28 mn. 00,0 s.	iSg	14 h. 28 mn. 09,7 s.	
123	Basel	iPg	14 h. 28 mn. 06,0 s.	eSg	14 h. 28 mn. 20,0 s.	
186	Strasbourg	iPg	14 h. 28 mn. 16,6 s.	eSg	14 h. 28 mn. 39,0 s.	
196	Zürich	i(Pg)	14 h. 28 mn. 15,8 s.	eSg	14 h. 28 mn. 40,3 s.	
277	Ravensburg	ePg	14 h. 28 mn. 34 s.	eSg	14 h. 29 mn. 08,5 s.	
283	Stuttgart	ePn	14 h. 28 mn. 30,2 s.	iPg	14 h. 28 mn. 34,5 s.	iSg 14 h. 29 mn. 10,5 s.
288	Clermont	iPn	14 h. 28 mn. 32,5 s.	iSn	14 h. 29 mn. 08 s.	
304	Paris	iPg	14 h. 28 mn. 35,5 s.	iSb	14 h. 29 mn. 11,5 s.	
425	Monaco	ePg	14 h. 28 mn. 58 s.	eSg	14 h. 29 mn. 50 s.	
259	Karlsruhe	e(Sg)	14 h. 29 mn. 04 s.			
409	Bensberg	e(Sb)	14 h. 29 mn. (38) s.	iSg	14 h. 29 mn. 46 s.	
550	Cheb	e	14 h. 30 mn. 22 s.	eiSg	14 h. 30 mn. 27,6 s.	
680	Praha	ei	14 h. 31 mn. 02 s.	ei	14 h. 31 mn. 58 s.	

Heure origine calculée : H = 14 h. 27 mn. 45 s.

Les distances ont été calculées par rapport à l'épicentre macroséismique (47°24' N, 5°59' E). Les données ci-dessus permettent de définir les vitesses suivantes :

onde Pg v = 5,75 km/s

onde Sg v = 3,4 km/s

La calculatrice électronique utilisant les tables d'Haslach avec les données ci-dessus (phases Pn et Pg, foyer superficiel) a fourni les résultats suivants :

47°25' N ± 4', 6°02' E ± 5', H = 14 h. 27 mn. 46,4 s. ± 0,9 s.

L'épicentre calculé est très voisin de l'épicentre macroséismique.

62. - 23 novembre 1955 à 06 h. 39 mn. (figure 17).

La surface macroséismique (880 km<sup>2</sup>) est très semblable à celle de la secousse du 3 novembre (770 km<sup>2</sup>).

On a noté l'intensité 5-6 au Cordonnet et à Montarlot (quelques lézardes, chutes de tuiles) et l'intensité 5 à Bonnevent, Eguilley, Etuz, Frasne-le-Château, Gézier ; La Malachère, Oiselay, Recologne-le-Rioz et Voray (Haute-Saône) ; Chemaudin, Emagny et Pelousey (Doubs).

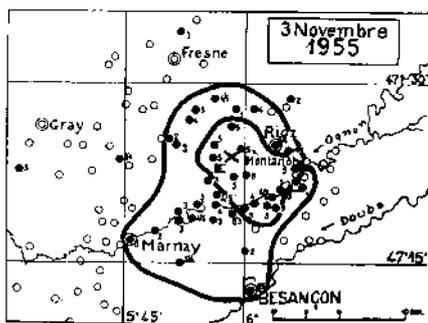


Fig. 16

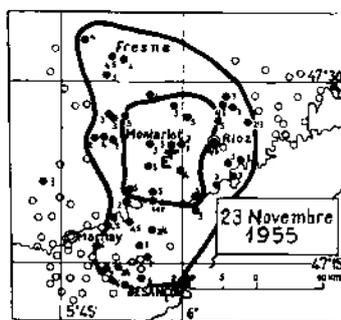


Fig. 17

A noter qu'un témoin habitant Oiselay "a eu l'impression de deux fortes explosions successives de l'ampleur d'une mine de grande puissance".

Enquête macroséismique : 112 réponses dont 54 positives ; R = 16,5 km ; r<sub>3</sub> = 8 km.

Les données microséismiques sont les suivantes :

18 km	Besançon	cPg	06 h. 39 mn. 15,0 s.		
87	Neuchâtel	iPg	06 h. 39 mn. 28,5 s.	iSg	06 h. 39 mn. 37,0 s.
123	Basel	ePg	06 h. 39 mn. 32,5 s.	eSg	06 h. 39 mn. 47,8 s.
186	Strasbourg	iPg	06 h. 39 mn. 43,6 s.	iSg	06 h. 40 mn. 06,5 s.
196	Zürich	ePg	06 h. 39 mn. 47,1 s.	eSg	06 h. 40 mn. 13 s.
239	Messstetten	ePg	06 h. 39 mn. 57,5 s.	i	06 h. 39 mn. 24,8 s.
259	Karlsruhe	ePn	06 h. 39 mn. 56,0 s.	Sg	06 h. 40 mn. 30 s.
283	Stuttgart	ePg	06 h. 40 mn. 02 s.	iSg	06 h. 40 mn. 38,0 s.
288	Clermont	ePn	06 h. 39 mn. 59,5 s.	eSn	06 h. 40 mn. 34,5 s.
304	Paris	ePg	06 h. 40 mn. 03 s.	e	06 h. 40 mn. 43 s.
425	Monaco	ePg	06 h. 40 mn. 25 s.	eSg	06 h. 41 mn. 12 s.
615	Trieste	Pg	06 h. 40 mn. 10,5 s.	eSg	06 h. 41 mn. 44 s.

Heure origine calculée : H = 06 h. 39 mn. 12 s.

La calculatrice électronique a donné les résultats suivants :

a) phases Pn et Pg, foyer superficiel :

47°23' N ± 5', 6°01' E ± 7', H = 06 h. 39 mn. 13,8 s. ± 1,1 s.

b) phases Pn et Sg, foyer superficiel :

47°18' N ± 4', 6°05' E ± 7', H = 06 h. 39 mn. 14,6 s. ± 1,7 s.

Ces résultats concordent de façon satisfaisante avec l'épicentre macroséismique.

*Interprétation géologique* - La zone épiscoptrale de l'essai de Haute-Saône se trouve sur la ligne qui joint la montagne de la Serre au Ballon d'Alsace ; le socle hercynien effondré entre le Morvan et les Vosges réapparaît dans le petit horst de la montagne de la Serre à 40 km au SW de l'épicentre. Il est probable que le foyer de l'essai est en relation avec l'une des failles qui morcellent les terrains jurassiques du détroit morvano-vosgien et intéressent également le socle cristallin assez proche, sans doute, de la surface dans cette région.

63. - 2 décembre 1955 à 19 h. 55 et 23 heures. - Isère : vers 45°3 N, 6°1 E.

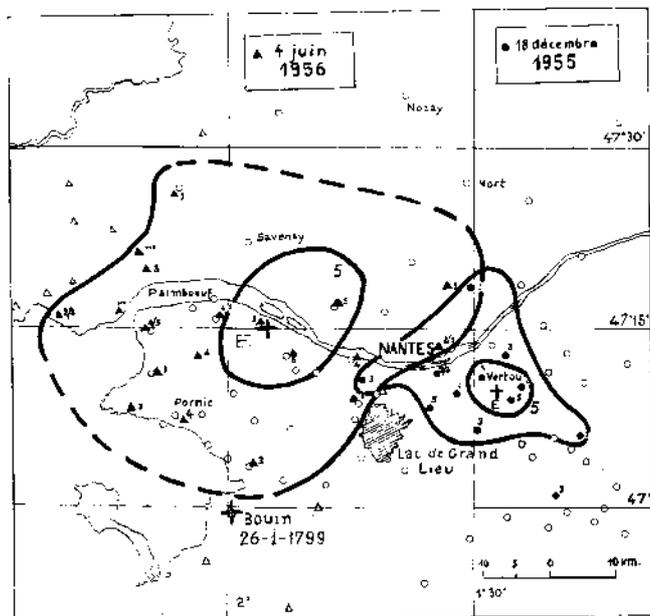


Fig. 18

Enquête macroséismique : 116 réponses dont 15 positives ; R = 13 km ; r<sub>2</sub> = 5 km.  
Pas d'inscriptions microséismiques.

Deux secousses à 3 heures d'intervalle ont été signalées par l'observateur de la station météorologique de l'Usine de Fond de France (La Ferrière d'Alleverd, dans l'Isère : 45°17' N, 6°04' E).

Il n'a pas été fait d'enquête. Pas d'inscriptions microséismiques.

64. - 18 décembre 1955 vers 11 h. 50mn.

- Loire inférieure : 47°09' N, 1°29' W.

Secousse signalée par l'observateur de la station météorologique de la Haie-Fouassière. L'aire macroséismique, d'environ 600 km<sup>2</sup>, est localisée au NE du Lac de Grand Lieu au Sud de la Loire ; (figure 18) ; l'épicentre macroséismique (47°09' N, 1°29' W) est voisin de Vertou sur le prolongement de la grande faille armoricaine qui s'étend de Vannes à Nantes.

On a noté les intensités suivantes : 5 à la Haie-Fouassière, Pont-St-Martin, St-Fiacre et Vertou ; 4 aux Sorinières ; 3 à Bignon, Brains, Carquefou, Gorges, Haute-Goulaine, Moison-la-Rivière, Montbert, Nantes, St-Hilaire-de-Loulay ; 2-3 à Rézé.

65. - 22 janvier 1956 à 17 h. 59 mn. - Alpes-Maritimes : vers 44°2 N, 7°0 E.

Secousse signalée par l'observateur de la station météorologique d'Isola (44°11' N, 7°02' E) et accompagnée d'un roulement sourd. Elle n'a pas été inscrite dans les observatoires, il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

66. - 7 février 1956 à 01 h. 49 mn. - Savoie : vers 45°7 N, 6°7 E.

L'observateur de la station météorologique d'Arêches (45°41' N, 6°34' E) près de Beaufort (Savoie) signale quelques chocs séismiques ressentis entre 01 h. 50 mn. et 04 h. 50 mn. La plus forte secousse, la première, a été inscrite dans quelques observatoires.

Les données microséismiques sont les suivantes :

145 km	Neuchatel	iPg	01 h. 49 mn. 13,7 s.	Sg	01 h. 49 mn. 31,9 s.
215	Basel	ePg	01 h. 49 mn. 25,2 s.	Sg	01 h. 50 mn. 42,4 s.
230	Zurich	iPg	01 h. 49 mn. 29,4 s.	eSg	01 h. 50 mn. 11,8 s.
285	Clermont	ePn	01 h. 49 mn. 30 s.	M	01 h. 50 mn. 2(0) s.
390	Stuttgart	e(Pg)	01 h. 49 mn. 55 s.	e(Sg)	01 h. 50 mn. 46,1 s.
470	Paris			c(Sg)	01 h. 50 mn. 59 s.

L'épicentre microséismique, assez difficile à déterminer, pourrait être situé dans la région montagneuse à l'Est d'Arêches vers 45°7 N, 6°7 E.

L'Heure origine calculée est H = 01 h. 48 mn. 50 s.

67. - 15 février 1956 à 17 h. 39 mn. - Basses-Pyrénées : 43°1 N, 0°6 W.

Importante secousse ayant causé des dégâts légers dans plusieurs localités des Basses-Pyrénées aux environs d'Oloron-Sainte-Marie. Dans la zone pleistocène on a noté une intensité supérieure à 5 dans les communes suivantes :

6 à Arette (Chute de 2 murs) ; 5-6 à Accous, Bidos (arrêt de pendules), Esquiule, Estialescq (mur de la sacristie lézardé), Estos (nombreuses personnes effrayées surtout dans les rues), Eysus (branches de platanes ont bruisé comme si elles étaient secouées par le vent), Gefts (chute d'une glace arrachée à la cheminée), Gurmençon (nombreuses personnes effrayées ont quitté leurs habitations), Ledoux (bruit comme au passage d'un avion à réaction), Moumour (chute de 2 pierres d'une cheminée en mauvais état, chute d'un réveil), Oloron-Sainte-Marie (chute de 2 cheminées vétustes), Saucède, St-Goin (quelques ardoises détachées).

Dans 98 autres communes des Basses-Pyrénées la secousse a été ressentie une intensité égale ou inférieure à 5. La surface macroséismique atteint probablement 6400 km<sup>2</sup>.

Enquête macroséismique : 226 réponses dont 123 positives ; R = 45 km ; r<sub>s</sub> = 29 km.

D'après la carte macroséismique (figure 19) l'épicentre est situé au Sud d'Oloron et a pour coordonnées : 43°1 N, 0°6 W. Il est très voisin de celui du séisme moins important du 17 janvier 1948 (43°10' N, 0°38' W). La zone épiscopale correspond à la région des plissements créacés de l'avant pays pyrénéen. L'épicentre jalonne le prolongement vers l'Ouest de la ligne séismique Campan-Ferrières-Arudy-Aramits.

Ce séisme a été inscrit dans de nombreux observatoires.

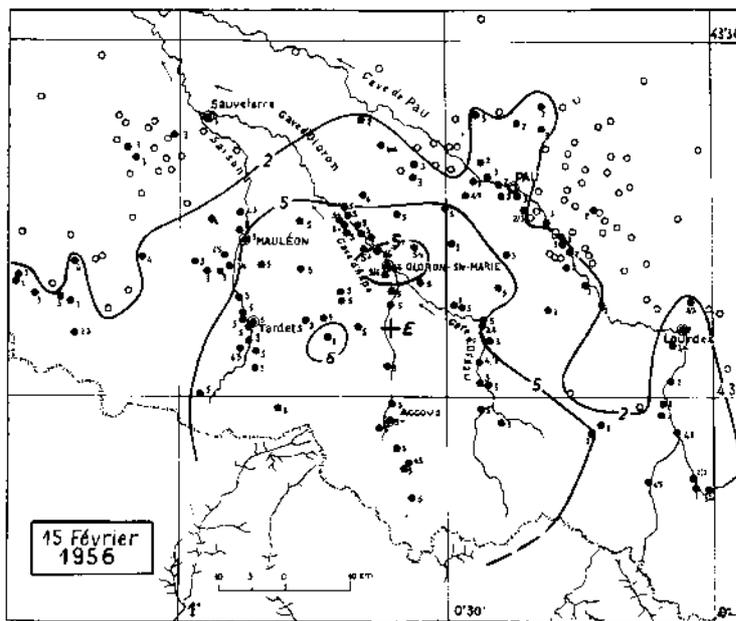


Fig. 19

Données microséismiques :

269 km	Tortosa	Pg	17 h. 40 mn. 21 s.	Sg	17 h. 40 mn. 57 s.
293	Barcelone	Pg	17 h. 40 mn. 27 s.	Sg	17 h. 40 mn. 59 s.
417	Clermont-Fer.	Pn	17 h. 40 mn. 35 s.	Pg	17 h. 40 mn. 49 s.
		Sn	17 h. 41 mn. 14 s.	Sg	17 h. 41 mn. 35 s.
459	Toledo	ePn	17 h. 40 mn. 40 s.	iSg	17 h. 41 mn. 53 s.
527	Alicante	Pn	17 h. 40 mn. 49 s.	(Sn)	17 h. 41 mn. 29 s.
653	Monaco	iPg	17 h. 41 mn. 31 s.	i(Sn)	17 h. 42 mn. 16 s.
		i(Sb)	17 h. 42 mn. 30 s.	i(Sg)	17 h. 42 mn. 55 s.
678	Paris	eiPn	17 h. 41 mn. 05 s.	i(Pb)	17 h. 41 mn. 22 s.
		iPg	17 h. 41 mn. 36 s.	iSn	17 h. 42 mn. 14 s.
		i(Sb)	17 h. 42 mn. 38 s.	iSg	17 h. 42 mn. 51,5 s.
689	Jersey	i	17 h. 42 mn. 45 s.	i	17 h. 43 mn. 12 s.
693	Besançon	e(Sb)	17 h. 42 mn. 47 s.	iSg	17 h. 43 mn. 00 s.

704 km	Cartuja	(Pg)	17 h. 41 mn. 38 s.	e	17 h. 42 mn. 34 s.
735	Neuchâtel	e	17 h. 41 mn. 20,4 s.	eSg	17 h. 43 mn. 06 s.
778	Malaga	i(Pn)	17 h. 41 mn. 20 s.	eSn	17 h. 42 mn. 38 s.
809	Bâle	ePg	17 h. 41 mn. 58,7 s.	eSg	17 h. 43 mn. 29 s.
868	Lisbonne	eSg	17 h. 43 mn. 52,7 s.		
862	Zürich	ePg	17 h. 42 mn. 08,2 s.	eSg	17 h. 43 mn. 47 s.
890	Strasbourg	iPg	17 h. 42 mn. 17 s.	iSn	17 h. 43 mn. 02 s.
		iSg	17 h. 43 mn. 56,5 s.		
931	Kew	e(Sb)	17 h. 43 mn. 47 s.		
935	Uccle	ePn	17 h. 41 mn. 45 s.	ePg	17 h. 42 mn. 26 s.
		eSn	17 h. 43 mn. 18 s.	cSg	17 h. 44 mn. 11 s.
		i	17 h. 44 mn. 22 s.		
952	Ravensburg	e	17 h. 44 mn. 20 s.	e	17 h. 44 mn. 29 s.
985	Stuttgart	ePg	17 h. 42 mn. 36 s.	e	17 h. 44 mn. 16 s.
		eSg	17 h. 44 mn. 27,2 s.	e	17 h. 44 mn. 35,3 s.
1054	Bensberg	e	17 h. 44 mn. (32) s.	eiSg	17 h. 44 mn. 15 s.
1258	Cheb	e(Sn)	17 h. 44 mn. 20 s.	ei	17 h. 45 mn. 36 s.
		eiSg	17 h. 44 mn. 48 s.		
1384	Prague	eSg	17 h. 46 mn. 11,5 s.	ei	17 h. 46 mn. 17,5 s.
		ei	17 h. 46 mn. 31 s.	eSn	17 h. 44 mn. 50 s.

Les distances ont été calculées par rapport à l'épicentre macroséismique.

Heure origine calculée : 17 h. 39 mn. 35 s.

Les données ci-dessus permettent de définir les vitesses suivantes :

Onde Pn 8,2 km/s                      Onde Sn 4,4 km/s  
 Onde Pg 5,6 km/s                      Onde Sg 3,4 km/s

Le calcul électronique utilisant les données ci-dessus a fourni les résultats suivants :

a) à partir des phases Pn et Pg (foyer supposé superficiel, 15 données) :

42°53' N ± 5', 0°39' W ± 13', H = 17 h. 39 mn. 39,4 s. ± 1,6 s.

b) mêmes données Pn et Pg, mais foyer supposé à 20 km de profondeur

42°53' N ± 5', 0°31' W ± 12', H = 17 h. 39 mn. 41,1 s. ± 1,5 s.

c) à partir de la phase Sg (foyer supposé superficiel, 19 données)

43°08' N ± 4', 0°30' W ± 8', H = 17 h. 39 mn. 37,5 s. ± 1,4 s.

d) mêmes données Sg, mais foyer supposé à 20 km de profondeur,

43°08' N, 0°27' W ± 8', H = 17 h. 39 mn. 38,6 s. ± 1,5 s.

68. - 19 mars 1956 à 16 h. 34 mn. et 23 h. 36 mn. - Région de Monaco : vers 43°7' N, 7°4' E.

Deux secousses séismiques, d'origine locale, ont été inscrites à Monaco (i 16 h. 34 mn. 39,5 s. ; i 23 h. 36 mn. 31,5 s. ; i 23 h. 36 mn. 36,5 s.). L'enquête n'a fourni aucun renseignement positif.

69. - 11 mai 1956 à 11 h. 34 mn. - Basses-Pyrénées : vers 42°9' N, 0°4' W.

Le poste météorologique des Eaux Chaudes (Basses-Pyrénées) signale une secousse le 11 mai 1956 à 11 h. 34 mn., ressentie par le personnel de l'usine de Miegebat (42°54' N, 0°26' W). Il doit s'agir d'une secousse locale, l'enquête macroséismique ayant fourni 44 réponses toutes négatives en particulier en provenance des cantons d'Aucun, Arudy et Accous.

70. - 4 juin 1956 vers 07 h. - Loire inférieure : 47°15' N, 1°55' W.

D'après une nouvelle de presse, une secousse fortement ressentie à Saint-Nazaire a été accompagnée "au large de la côte par la formation de nombreux geysers". Ce séisme n'a pas été inscrit dans les observatoires français mais l'enquête macroséismique a montré que la secousse a été ressentie dans toute la région nantaise : 5 à Frossay, St-Etienne de Mont-Luc, Vue ; 4-5 à St-Brévin-les-Pins et St-Viaud ; 4 à Piré-en-Retz, Pellerin et Pornic ; 3 à Bourgneuf en Retz, à la Chapelle s/Erdre, Montoir de Bretagne, à la Plaine s/Mer, au Port-St-Père, Pont-Château, à St-Michel-Chef ; 2-3 à Nantes, Pornichet et St-Malo-de-Guersac.

La surface macroséismique atteint environ 2340 km<sup>2</sup>. (figure 18).

Enquête macroséismique : 35 réponses dont 18 positives, R = 27 km ; r<sub>s</sub> = 10 km.

L'épicentre macroséismique est situé aux environs de Frossay sur le bord Sud de l'estuaire de la Loire, dans un massif gneissique. Cet épicentre est situé à environ 35 km au NW de celui du séisme du 18 décembre 1955 précédemment étudié (n° 64) et à une trentaine de kilomètres au Nord de la localité de Bouin, siège d'un séisme destructeur le 20 janvier 1799 (figure 18).

71 - 13 juillet 1956 à 11 h. 41 mn. - Saône et Loire : vers 47°0 N, 4°1 E.

Très faible secousse accompagnée d'un grondement sourd, signalée par l'observateur de la station météorologique de St-Prix (Saône et Loire). La secousse n'a pas été enregistrée et il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

72. - 15 août 1956 à 04 h. 40 mn. - Basses-Pyrénées : 43°1 N, 0°6 W.

Cette secousse peut être considérée comme une réplique de celle du 15 février 1956 (n° 67). La secousse du 15 août a été ressentie 5 à Arette, Bescat, Borce, Féas, Louvie-Soubiron, Rebenacq, Sarrance, St-Engrâce ; 4-5 à Oloron ; 3 à Ance et Arudy (Basses-Pyrénées) ; 3 à Arrens et Gerde (?), 2 à Grust (Hautes-Pyrénées). Elle a été aussi légèrement ressentie à Campan et Soulom. La surface macroséismique en France est de 2560 km<sup>2</sup> environ. Enquête macroséismique : 33 réponses dont 16 positives ; R = 32 km ; r<sub>s</sub> = 17 km.

La secousse a été inscrite dans quelques observatoires en particulier à Bagnères (Pg 04 h. 40 mn. 07,5 s. ; i(Sg) 04 h. 40 mn. 15,0 s, D = 60 km).

Heure origine calculée : 04 h. 39 mn. 57 s.

73. - 17 août 1956 à 17 h. 06 mn. - Basses-Pyrénées : 43°1 N, 0°6 W.

Réplique du séisme précédent : Ressenti 5 à Borce, Féas, St-Engrâce ; 4 à Aste-Béon (?), 3 à Bescat, Rebenacq, Oloron, Ance, Arudy, Néant à Arette et Sarrance.

Enquête macroséismique : 33 réponses dont 11 positives ; R = 20 km ?

La secousse a été inscrite à Bagnères (ePg 17 h. 06 mn. 11,5 s. ; i 17 h. 06 mn. 15,5 s. ; i 17 h. 06 mn. 15,5 s. ; i 17 h. 06 mn. 17,5 s. ; i 17 h. 06 mn. 18,0 s.) et à Strasbourg (eSg 17 h. 10 mn. 40 s. ; e 17 h. 11 mn. 00 s).

74. - 16 septembre 1956 à 21 h. 07 mn. - Haut-Rhin : 48°04' N, 7°24' E.

Séisme local dans la région de Sundhoffen-Wolfgangten où il a été ressenti avec l'intensité 5 dans la première localité et 3-4 dans la seconde. On a noté, en outre, intensité 3 à Appenwihr, Colmar, Jébsheim, Logelheim, Neuf-Brisach, Pfaffenheim. En dehors de la zone macroséismique principale, la secousse a été ressentie dans deux localités situées sur la faille vosgienne (Kaysersberg et Ribeauvillé) et à Sainte-Marie-aux-Mines. La plupart des observateurs signalent que la secousse a été accompagnée et suivie d'un bruit souterrain semblable à celui d'une explosion produite au loin. L'épicentre macroséismique est voisin de Sundhoffen (48°04' N, 7°24' E) et est presque identique avec celui donné par la station de Stuttgart (48°05' N, 7°27' E). La géologie de surface ne permet pas d'expliquer la position de l'épicentre, cependant les récentes prospections ont montré que le sous-sol du fossé rhénan est formé d'une série de blocs faillés et dénivellés les uns par rapport aux autres.

Le rayon de la surface macroséismique principale est seulement de 8 km.

La secousse a été inscrite dans plusieurs observatoires rapprochés :

59 km	Bâle	iPg	21 h. 07 mn. 27,0 s.	eSg	21 h. 07 mn. 34 s.	
65	Strasbourg	iPg	21 h. 07 mn. 29,0 s.	iSg	21 h. 07 mn. 37,7 s.	
122	Neuchâtel	iPg	21 h. 07 mn. 37,1 s.	iSg	21 h. 07 mn. 51 s.	
110	Messstetten	ePg	21 h. 07 mn. 37,2 s.	Sg	21 h. 07 mn. 51,5 s.	
115	Zürich	iPg	21 h. 07 mn. 38,5 s.	iSg	21 h. 07 mn. 52,6 s.	
140	Besançon	e(Pn)	21 h. 07 mn. 40 s.	i	21 h. 07 mn. 42 s.	
125	Karlsruhe	iPg	21 h. 07 mn. 41,5 s.	eSg	21 h. 07 mn. 58 s.	
150	Stuttgart	eP	21 h. 07 mn. 42 s.	iSg	21 h. 08 mn. 03,5 s.	
165	Ravensburg			eSg	21 h. 08 mn. 05,5 s.	
370	Paris			eSg	21 h. 09 mn. 05 s.	e 21 h. 09 mn. 12 s.
430	Jona	e	21 h. 08 mn. 52 s.	eSg	21 h. 09 mn. 25 s.	
415	Clermont			eSg	21 h. 09 mn. 21 s.	M 21 h. 09 mn. 29 s.
485	Monaco			(Sg)	21 h. 09 mn. 40 s.	
550	Praha	e	21 h. 09 mn. 55 s.	e(Sg)	21 h. 10 mn. 02 s.	

L'Heure origine calculée est H = 21 h. 07 mn. 17 s.

La calculatrice électronique a fourni les résultats suivants :

a) en utilisant les phases Pg et Sg du tableau ci-dessus et avec un foyer supposé superficiel (17 données) :

$48^{\circ}02' N \pm 1'$ ,  $7^{\circ}22' E \pm 2'$ , H = 21 h. 07 mn. 17,5 s.  $\pm$  0,4 s.

b) avec les mêmes phases, mais en supposant un foyer à 20 km de profondeur :

$48^{\circ}02' N \pm 1'$ ,  $7^{\circ}25' E \pm 2'$ , H = 21 h. 07 mn. 16,5 s.  $\pm$  0,5 s.

Ces résultats dont la précision est excellente, sont très satisfaisants ; cependant la détermination exacte de la profondeur du foyer reste incertaine.

75. - 18 octobre 1956 à 19 h. 15 mn. - Hautes-Pyrénées :  $42^{\circ}9' N$ ,  $0^{\circ}0'$  long.

D'après la presse locale, cette secousse a été fortement ressentie à Lourdes et dans la haute vallée du gave de Pau.

L'enquête macroséismique a défini les intensités suivantes : 5 à Arrens, Campan, Grust, Lahitte, Ossen, Préchac, Ste-Marie-de-Campan ; 4 à Luz ; 3 à Arras, Artalens-Souin, Bun, Gazost, Germs, Julos, Lasseube, Marsous ; 2-3 à Artignemy et Sarrancolin ; 2 à Salles.

L'épicentre macroséismique ( $42^{\circ}9' N$ ,  $0^{\circ}0'$ ) se place dans la région d'Argelès-Gazost à 20 km à l'WSW de Bagnères où la secousse a été enregistrée. Les données microséismiques sont les suivantes :

20 km	Bagnères	ePg	19 h. 15 mn. 49,0 s.	i! Sg	19 h. 15 mn. 52,0 s.	i!	19 h. 15 mn. 54,0 s.
240	Tortosa	ePg	19 h. 16 mn. 27 s.	eSg	19 h. 16 mn. 52 s.		

L'Heure origine calculée est H = 19 h. 15 mn. 45 s.

Enquête macroséismique : 51 réponses dont 19 positives.

76. - 12 novembre 1956 à 20 h. 25 mn. - Hautes-Pyrénées : vers  $42^{\circ}8' N$ ,  $0^{\circ}3' E$ .

L'observateur de la station météorologique de St-Lary (Hautes-Pyrénées) signale une secousse ressentie le 12 novembre 1956 à 20 h. 25 mn. à Saint-Lary et dans tous les villages environnants, secousse accompagnée d'un bruit souterrain.

Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

77. - 16 novembre 1956 à 05 h. 57 mn. 26 s. - Savoie :  $45^{\circ}40' N$ ,  $5^{\circ}52' E$ .

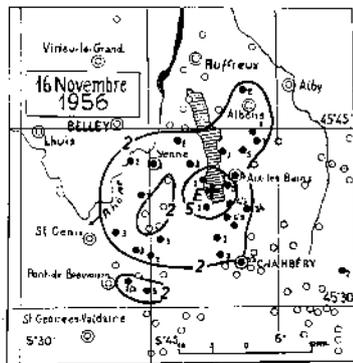


Fig. 20

Le séisme du 16 novembre 1956 est une manifestation de l'activité séismique de la Chautagne et de la région du Lac du Bourget (cf séismes du 9 novembre 1954 ( $45^{\circ}9' N$ ,  $5^{\circ}8' E$ ), 27 mai 1947 ( $45^{\circ}44' N$ ,  $5^{\circ}47' E$ ) et grande secousse du 19 février 1822 ( $45^{\circ}50' N$ ,  $5^{\circ}47' E$ ).

La surface macroséismique, (figure 20), n'a pas dépassé 580 km<sup>2</sup>. On a noté les intensités suivantes : 5 à Bourdeau, Bourget-du-Lac, Grésy s/Aix, Tresserve ; 4-5 au Viviers et Voglans ; 3-4 à Méry ; 3 à Aix-les-Bains, Bissy, La Bridoire, Brison-St-Innocent, Epersy, Gresin, Loisieux, Mognard, La Motte Servolex, Novalaise, Rochefort, St-Beron, St-Jean-le-Chevelu, Sonnaz, Yenne ; 2-3 à Chambéry, Domessin ; 2 à Ayn, Ansigny, La Balme, Jongieux et St-Jean-de-la-Porte.

L'intensité 3 a également été ressentie à St-Etienne-de-St-Geoirs (Isère).

Enquête macroséismique : 200 réponses dont 30 positives ; R = 13,5 km ;  $r_3 = 4$  km.

D'après ces données l'épicentre macroséismique est situé sous la partie méridionale du Lac du Bourget ( $45^{\circ}40' N$ ,  $5^{\circ}52' E$ ).

Les données microséismiques sont les suivantes :

170 km	Neuchâtel	ePg	05 h. 57 mn. 56 s.	iSg	05 h. 58 mn. 17,2 s.		
175	Besançon	ePg	05 h. 57 mn. 57 s.	eSg	05 h. 58 mn. 18 s.		
217	Clermont	ePg	05 h. 58 mn. 04 s.	e	05 h. 58 mn. 28 s.	eSg	05 h. 58 mn. 34 s.
247	Monaco	ePg	05 h. 58 mn. 11,0 s	eSg	05 h. 58 mn. 42,0 s.	e	05 h. 58 mn. 44 s.
353	Strasbourg	e	05 h. 59 mn. 37 s.	e	06 h. 00 mn. 07 s.		

365 km	Messstetten	e(Pg)	05 h. 58 mn. (32) s.	e	05 h. 59 mn. 16 s.	e(Sg)	05 h. 59 mn. 25,0 s.
377	Tübingen	e	05 h. 59 mn. 26 s.	eSg	05 h. 59 mn. 29,5 s.	e	05 h. 59 mn. 40,5 s.
424	Stuttgart	e(Pg)	05 h. 58 mn. 42 s.	e(Sg)	05 h. 59 mn. 36,0 s.	e	05 h. 59 mn. 41,0 s.

Heure origine calculée H = 05 h. 57 mn. 26 s.

Ces données permettent de définir les vitesses suivantes :

Onde Pg v = 5,5 km/s      Onde Sg v = 3,2 km/s

78. - 17 novembre 1956 à 04 h. 37 mn. 44 s. - Savoie : 45°40' N, 5°52' E.

Réplique du séisme précédent, ressenti 4-5 à Ansigny, Bourdeau, Le Vivier ; 3 à Aix-les-Bains, Bissy, Epersy, La Motte-Servolex, Rochefort, St-Beron, St-Jean-le-Chevelu et Sonnaz.

Les données microsismiques sont les suivantes :

170 km	Neuchâtel	iPg	04 h. 38 mn. 14,4 s.	iSg	04 h. 38 mn. 34,9 s.		
175	Besançon			eSg	04 h. 38 mn. 36 s.	i	04 h. 38 mn. 46 s.
217	Clermont	ePn	04 h. 38 mn. 22 s.	iSg	04 h. 38 mn. 51 s.	M	04 h. 39 mn. 00 s.
353	Strasbourg	e	04 h. 39 mn. 51 s.	e	04 h. 39 mn. 55,5 s.		
365	Messstetten	e(Pn)	04 h. 38 mn. (55) s.	e	04 h. 39 mn. 33 s.	e(Sg)	04 h. 39 mn. 43 s.
397	Tübingen	e	04 h. 39 mn. 43,0 s.	e	04 h. 39 mn. 46,5 s.	e	04 h. 39 mn. 50,0 s.
424	Stuttgart	e(Pn)	04 h. 38 mn. (55) s.	e	04 h. 39 mn. 53,5 s.	e(Sg)	04 h. 40 mn. 01 s.

L'heure origine calculée est H = 04 h. 37 mn. 44 s.

79. - 22 novembre 1956 vers 06 h. 30 mn. - Morbihan : 47°6 N, 2°9 W.

L'observateur de la station météorologique de Vannes (Morbihan) signale une forte secousse ressentie dans la région du golfe du Morbihan.

Il n'a pas été fait d'enquête détaillée. On a reçu au total 7 réponses positives (intensité 4 à Surzeau et Arradon ; 3 à Vannes, Locmariaquer, Crach, l'Île aux Moines et Plougoumelen) et 27 négatives sur les 34 questionnaires distribués ; d'après les observations faites à Arradon, le bruit et la secousse venaient de la direction de Baden qui se trouve à peu près au centre de la zone macrosismique, cette zone englobe l'ensemble du golfe du Morbihan (épïcicentre vers 47°6 N, 2°9 W) ; rayon macrosismique : environ 12 km.

La secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires.

80. - 23 novembre 1956 à 7 h. 15 mn. - Ariège : vers 42°8 N, 1°2 E.

Le poste météorologique de Couflens (Ariège) signale une secousse le 23 novembre 1956 à 07 h. 15 mn. ressentie dans cette localité et ses environs (hameaux de Salan et d'Angouls).

L'enquête n'a fourni que des réponses négatives. Pas d'inscription microsismique.

81. - 7 décembre 1956 à 19 h. 39 mn. - Basses-Pyrénées : 43°1 N, 0°7 W.

Le poste météorologique de Lourdios (Basses-Pyrénées) signale une secousse ressentie le 7 décembre à 19 h. 39 mn. à Lourdios, Issor et Arette. Il s'agit peut-être d'une réplique du séisme du 15 février 1956.

Il n'a pas été fait d'enquête macrosismique.

82. - 31 décembre 1956 à 23 h. 12 mn. - Basses-Alpes : 44°3 N, 6°5 E.

Une faible secousse inscrite à Monaco (cPg 23 h. 12 mn. 58 s., eSg 23 h. 13 mn. 10 s.) a été ressentie 3-4 à Faucon s/Ubaye ; 3 à Allos, Barcelonnette et Méolans ; 2-3 au Lauzet ; 2 à Larche.

Enquête macrosismique 67 réponses dont 6 positives ; R = 12 km ?

83. - 14 février 1957 à 01 h. 15 mn. - Savoie : vers 45°7 N, 6°7 E.

Le poste météorologique d'Arêches (Savoie) a signalé une série de secousses ressenties à Arêches le 14 février 1957 à 01 h. 15 mn., 03 h. 50 mn. et 04 h. 25 mn.

Il n'a pas été fait d'enquête macrosismique. Plusieurs secousses dans la même région avaient déjà été notées le 7 février 1956 (voir plus haut n° 66).

84. - 20 février 1957 à 15 h. 50 mn. - Côte-d'Or : vers 46°9 N, 4°7 E.

L'observateur de la station météorologique de Corpeau (Côte-d'Or) signale une très faible secousse le 20 février 1957 à Corpeau à 15 h. 50 mn. et à la même heure à Nolay (Côte-d'Or).

85. - 8 mars 1957 à 04 h. 13 mn. - Alpes-Maritimes : indéterminé

Un séisme proche a été enregistré à Monaco (iPg 04 h. 13 mn. 02 s., iSg 04 h. 13 mn. 07,5 s.). Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

86. - 25 mars 1957 à 06 h. 46 mn. 13 s. - Allier : 46°03' N, 3°27' E.

Le séisme du 25 mars 1957 a fait l'objet d'une vaste enquête macroséismique (710 réponses dont 364 positives) intéressant 8 départements (Allier, Puy-de-Dôme, Saône et Loire, Nièvre, Loire, Rhône, Haute-Loire et Creuse).

On a noté les intensités suivantes :

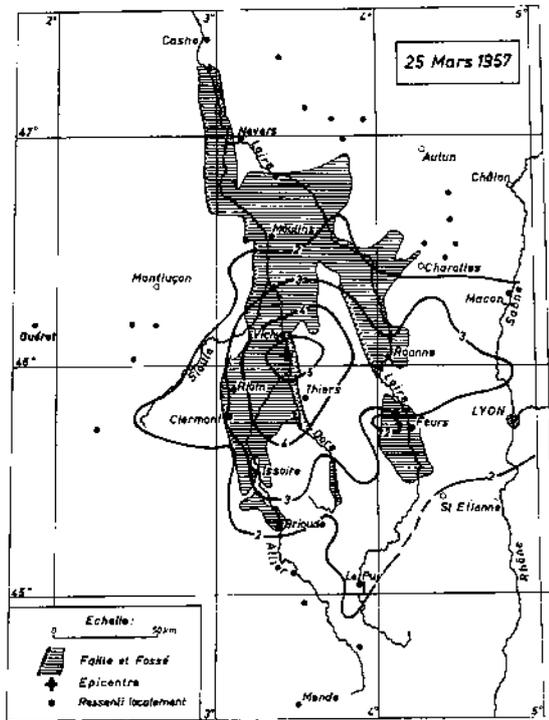


Fig. 21

1/ Dans l'Allier : 6-7 à St-Yorre (chute de quelques cheminées, murs lézardés), Hauterive (chute de tuiles, lézardes dans quelques vieux murs, chute de cheminées en mauvais état) ; 6 à Busset (pans de murs démolis dans quelques maisons délabrées), Mariol (fissures, chute partielle de cheminées), Lavoine (chute de tuiles et de crépis), La Guillerme (chute de tuiles).

2/ Dans le Puy-de-Dôme : 6-7 à St-Priest Bramefant (chute de 4 cheminées, lézardes dans quelques vieux murs) et à Randan (chute d'une cheminée de la Mairie) ; 6 à St-Jean d'Heurs (chute de briques du sommet de 2 cheminées) ; 5-6 à Bussières et Pruns (une cheminée en mauvais état est tombée), St-Sylvestre-Pragoulin (chute de bois et de tuiles, fissures à certains murs), etc. D'autre part des chutes de tuiles et de cheminées vétustes ont été également signalées dans les communes suivantes : Aigueperse, Chateldon, Effiat, Lachaux, Limons, Montpensier, Orléat, Paslières, Sardon, Ste-Agathe, St-Clément de Régnat, Veyre et Villeneuve-les-Ccrfis.

La surface macroséismique atteint environ 17 500 km<sup>2</sup> (figure 21) ; rayon macroséismique : 75 km ; r<sub>5</sub> = 15 km environ.

D'après les observations macroséismiques la zone principale d'intensité maxima est située sur le bord Est de la Limagne d'Allier entre Randan et St-Yorre : le foyer est sans doute en relation avec la faille qui limite à l'Est le fossé. Par rapport à cet épicerentre, la zone macroséismique est très dissymétrique : la secousse a été beaucoup plus largement ressentie vers le Sud et l'Est que vers le Nord et l'Ouest (figure 21).

Il est significatif que le massif du Forez qui est limité à l'Ouest par la faille active a été dans son ensemble beaucoup plus sensible à la secousse, à distance égale, que le socle cristallin à l'Ouest de la Limagne.

La secousse du 25 mars a été inscrite dans de nombreuses stations ; les distances ont été mesurées à partir de l'épicentre macroséismique adopté :

42 km	Clermont	iPg	06 h. 46 mn. 20,3 s.	iSg	06 h. 46 mn. 25,3 s.	
236	Besançon	iSg	06 h. 47 mn. 20 s.	i	06 h. 47 mn. 32 s.	
289	Neuchâtel	e(Pn)	06 h. 46 mn. 54,1 s.	iPg	06 h. 47 mn. 00,2 s.	eS 06 h. 47 mn. 30 s.
315	Paris	ePg	06 h. 47 mn. 06 s.	iSg	06 h. 47 mn. 42 s.	
356	Basel	iPg	06 h. 47 mn. 11,0 s.	iSg	06 h. 47 mn. 53 s.	
406	Monaco	ePg	06 h. 47 mn. 20 s.	e(Sn)	06 h. 47 mn. 58 s.	iSg 06 h. 48 mn. 07,5 s.
419	Zurich	e(P)	06 h. 47 mn. 18,8 s.	e(S)	06 h. 48 mn. 04 s.	
431	Strasbourg	ePb	06 h. 47 mn. 17,5 s.	ePg	06 h. 47 mn. 24,0 s.	iSg 06 h. 48 mn. 13 s.
481	Messstetten	ePb	06 h. 47 mn. 31,8 s.	e(Sg)	06 h. 48 mn. 30,8 s.	
498	Karlsruhe	iPg	06 h. 47 mn. 37,8 s.	iSg	06 h. 48 mn. 34,8 s.	e 06 h. 48 mn. 58,8 s.

506 km	Tübingen	i	06 h. 47,6 mn.				
528	Stuttgart	iPg	06 h. 47 mn. 39,6 s.	i(Sg)	06 h. 48 mn. 40,8 s.	i	06 h. 48 mn. 46,3 s.
569	Heerlen	e(Sg)	06 h. 48 mn. 56 s.				
612	Bensberg	ePg	06 h. 47 mn. 56,3 s.	e(Sn)	06 h. 48 mn. 51,8 s.	iSg	06 h. 49 mn. 09 s.
628	Tortosa	e	06 h. 48 mn. 48 s.	e	06 h. 49 mn. 16 s.		

Cette secousse a été, en outre, faiblement inscrite à Kew, Jena et Trieste.

L'heure origine calculée est H = 06 h. 46 mn. 13,5 s.

Les données ci-dessus permettent de définir les vitesses suivantes :

$$\text{Onde Pg : } v = 6,05 \text{ km/s} \quad \text{Onde Sg : } v = 3,55 \text{ km/s}$$

La calculatrice électronique, utilisant les données ci-dessus, a fourni les résultats suivants (en supposant un foyer superficiel) :

a) avec la phase Pg (7 données)

$$46^{\circ}02' \text{ N} \pm 2', \quad 3^{\circ}33' \text{ E} \pm 4', \quad \text{H} = 06 \text{ h. } 46 \text{ mn. } 12,3 \text{ s.} \pm 0,6 \text{ s.}$$

b) avec la phase Sg (8 données)

$$46^{\circ}04' \text{ N} \pm 2', \quad 3^{\circ}34' \text{ E} \pm 4', \quad \text{H} = 06 \text{ h. } 46 \text{ mn. } 10,2 \text{ s.} \pm 0,9 \text{ s.}$$

On obtiendrait des résultats presque identiques en supposant un foyer à 20 km de profondeur. Le calcul électronique conduit à un épicycle situé à une dizaine de kilomètres à l'Est de l'épicycle macroséismique.

87. - 7 avril 1957 à 02 h. 23 mn. 27 s. - Manche : 49°6 N, 1°2 W.

Cette secousse a été ressentie dans la région de Cherbourg ; l'épicycle macroséismique se trouve au voisinage de la côte vers 49°6 N, 1°2 W. Les intensités les plus fortes ayant été observées à la pointe de Barfleur, Quettehou, Reville et St-Vaast-la-Hague (5 et 4-5). On a noté, en outre, les intensités suivantes : 4 à Agon et Cherbourg ; 3 à Equeurdreville, Henneville, Montebourg, St-Pierre-Eglise, Tourlaville, Valognes ; 2-3 à Octeville et Port-Bail ; 2 à Bricquebec, Fresville, Graignes, Mortain et St-Marcouf.

Enquête macroséismique : 99 réponses dont 19 positives : R = 30 km environ.

La secousse a été inscrite à Jersey (Pg 02 h. 23 mn. 42 s., D = 90 km), à Paris (Pn 02 h. 24 mn. 08 s., eSn 02 h. 24 mn. 34 s., Sg 02 h. 24 mn. 47 s., D = 275 km), à Bensberg (e(Sn) 02 h. 25 mn. 46 s., e(Sg) 02 h. 26 mn. 31 s., D = 610 km) et faiblement dans plusieurs autres stations.

Heure origine calculée : H = 02 h. 23 mn. 27 s.

88. - 30 avril 1957 à 03 h. 10 mn. 10 s. - Savoie : 45°7 N, 6°0 E.

L'observateur de la station météorologique de Ste-Offenge-Dessous signale une secousse ressentie le 30 avril 1957 à 03 h. 10 mn. à Ste-Offenge-Dessous (Savoie) par une partie de la population. Cette localité est située à 10 km au NE d'Aix-les-Bains.

La secousse a été inscrite par la station de Neuchâtel (iPg 03 h. 10 mn. 37,5 s., eSg 03 h. 10 mn. 56 s., D = 156 km) et par la station de Bâle (e 03 h. 11 mn. 17,4 s., eSg 03 h. 11 mn. 23 s. D = 235 km).

Heure origine calculée : H = 03 h. 10 mn. 10 s.

L'épicycle est probablement très voisin de la localité de Ste-Offenge-Dessous (45°44' N, 6°00' E).

Une secousse prémonitoire, probablement de même origine, a été inscrite à Neuchâtel le 26 avril 1957 (iPg 14 h. 18 mn. 59,3 s., iSg 14 h. 20 mn. 18 s.).

89. - 25 mai 1957 à 02 h. 30 mn. - Basses-Alpes : vers 43°8 N, 5°7 E.

D'après une nouvelle de presse retransmise par M. L'archiviste en chef des Basses-Alpes (M. R. Collier), une faible secousse sismique a été ressentie durant la nuit du 24 au 25 mai 1957 à 03 h. 30 mn. (heure légale ?) à Montfuron (Basses-Alpes). Cette localité (43°50' N, 5°40' E) est située à 7 km à l'Ouest de Manosque dans une région qui s'est plusieurs fois signalée par des secousses importantes.

90. - 10 août 1957 à 00 h. - Basses-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°5 W.

Le poste météorologique de Laruns (Basses-Pyrénées) signale une secousse ressentie dans cette localité le 10 août 1957 à 1 heure légale. L'enquête macroséismique (36 réponses dont 8 positives) a fourni les données suivantes : intensité 3 à Asté-Béon, Billière, Louvie-Juson ; 2 à Arreau, Bielle et Louvie-Soubiron. Il semble

que l'épicentre se trouve dans la vallée d'Ossau sur le front nord-pyrénéen à mi-chemin entre Arudy et Laruns (43°1 N, 0°5 W). Pas de données microsismiques.

91. - 23 août 1957, vers 23 h. 18 mn. - Vendée : vers 46°8 N, 1°5 W.

D'après le journal "L'Eclair" paraissant à la Roche-sur-Yon, une secousse a été ressentie vers 23 h. 18 mn. à la Roche-sur-Yon et à Rocheservière. L'instituteur de cette dernière localité indique que la secousse a été également signalée à Mormaison et à St-Philbert-de-Bouaine. Pas de données microsismiques.

92. - 29 août 1957 à 03 h. 45 mn. - Jura Souabe : 48°14'1 N, 9°01'1 E.

Secousse originaire du Jura Souabe, faiblement et irrégulièrement ressentie en Alsace, surtout dans les grandes villes et aux étages supérieurs : 3 à Strasbourg et à Mulhouse ; 2 à Ribeauvillé.

Enquête macrosismique : 47 réponses dont 3 positives.

L'épicentre (48°14,1' N, 9°01,1' E) est situé dans le Wurtemberg où l'intensité 6 a été observée ; la surface macrosismique a atteint 25 000 km<sup>2</sup> ; d'après G. Schneider (Die Erdbeben in Baden-Württemberg, 1955-1962, Stuttgart, 1964) la profondeur du foyer est de 6 km et la magnitude 3,9. La secousse a également été ressentie en Suisse dans la région de Zürich.

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires (voir : Bulletin mensuel du Bureau Central International de Séismologie, août 1957, pp. 328-329). L'I.S.S. ne mentionne pas ce séisme.

93. - 5 octobre 1957 à 4 h. 55 mn. - Vendée : vers 46°8 N, 1°5 W.

M. J. Ramboud, instituteur retraité à Rocheservière (Vendée), signale 2 secousses accompagnées d'un bruit sourd, ressenties le 5 octobre 1957 à 04 h. 55 mn. (heure solaire) à Rocheservière (Vendée) et dans d'autres communes. On n'a pas fait d'enquête macrosismique. Une secousse avait déjà été ressentie dans la même localité le 23 août 1957 (N° 91).

94. - 22 octobre 1957 à 02 h. 51 mn. 27 s. - Bretagne : 47°9 N, 4°4 W.

Le séisme du 22 octobre 1957 s'est produit au voisinage immédiat de la côte bretonne au Nord-Ouest de la pointe de Penmarch.

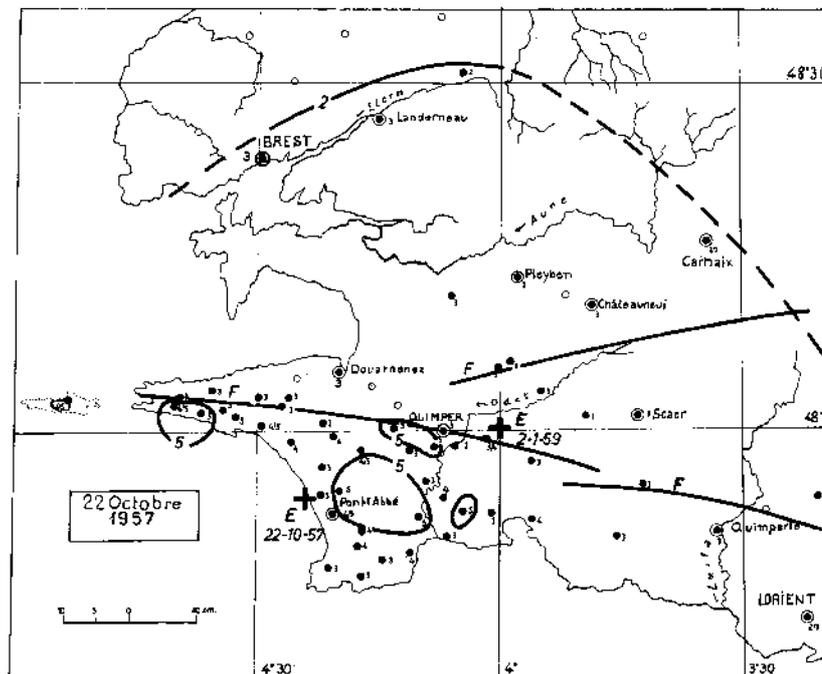


Fig. 22

La secousse a été ressentie dans le Finistère. On a noté les intensités les plus élevées (4 à 5) dans les communes suivantes : 5 à Clohars-Fouesnant, Combrit, Penhars, Ploneis, Primelin, Tréogat ; 4-5 dans l'île de Sein, au Juch, à Plogastel-St-Germain, Plogoff, Plouhinec, Tréguennec ; 4 à Concarneau, Ergué-Gaberic, Gouesnach, Landudec, Loctudy, Plomeur, Plozevet, St-Jean-Trolimont ; 3 à Brest, Châteaulin, Douarnenez, Landerneau, Quimper, etc.

D'après la carte macroséismique (figure 22) l'épicentre doit se trouver en bordure de la baie d'Audierne dans une région d'affaissement du socle armoricain.

Les données microséismiques sont les suivantes :

521 km	Paris	ePn	02 h. 52 mn. 38 s.	Pg	02 h. 53 mn. 00 s.	eSn	02 h. 53 mn. 29 s.
		e	02 h. 53 mn. 37 s.	iSb	02 h. 53 mn. 42 s.	Sg	02 h. 54 mn. 01 s.
619	Clermont	ePg	02 h. 53 mn. 11,5 s.	iSg	02 h. 54 mn. 21,5 s.	eSn	02 h. 53 mn. 51,5 s.
		e	02 h. 54 mn. 05 s.	i	02 h. 54 mn. 36 s.		
784	Besançon	eSg	02 h. 55 mn. 10 s.	c	02 h. 55 mn. 20 s.	e	02 h. 55 mn. 30 s.
862	Neuchâtel	eP	02 h. 55 mn. 32,1 s.	e	02 h. 58 mn. 08 s.		
900	Basel	e	02 h. 54 mn. 29,6 s.	eS	02 h. 55 mn. 48 s.		
906	Strasbourg	eSg	02 h. 55 mn. 58 s.	e	02 h. 56 mn. 13 s.	i	02 h. 56 mn. 18,5 s.
905	Bensberg	e	02 h. 55 mn. 37 s.	eSg	02 h. 55 mn. 52,5 s.		
955	Karlsruhe	e(P)	02 h. 56 mn. 10 s.	e	02 h. 56 mn. 35 s.		
976	Zürich	e	02 h. 56 mn. 09 s.				
996	Messstetten	e	02 h. 55 mn. 27 s.	e(S)	02 h. 56 mn. 14,5 s.	e	02 h. 56 mn. 36 s.
1 002	Tübingen	e	02 h. 55 mn. (54) s.	eS	02 h. 56 mn. (18) s.	e	02 h. 56 mn. 28 s.
1 011	Stuttgart	e	02 h. 54 mn. (20) s.	e(S)	02 h. 56 mn. 17 s.	e	02 h. 56 mn. 22 s.

L'Heure origine calculée est H = 02 h. 51 mn. 27 s.

Enquête macroséismique : 209 réponses dont 64 positives ; R = 60 km environ ; surface d'intensité 5 très faible.

95. - 30 mars 1958 à 16 h. 10 mn. 12 s. - Chautagne : 45°46' N, 5°48' E.

Le séisme du 30 mars 1958 originaire de Chautagne a affecté à peu près la même région que le séisme du 27 mai 1947 (45° 44' N, 5°47' E) ; on rappellera également les secousses du 9 novembre 1954 (voir plus haut N° 49) et du 16 novembre 1956 (n° 77) et surtout l'important séisme du 19 février 1822.

Il est intéressant de signaler que l'enquête macroséismique a été effectuée en deux étapes ; en utilisant un premier calcul microséismique l'enquête avait d'abord été orientée vers la région de Frangy mais les premières réponses reçues montraient que la zone épicentrale se trouvait plus au Sud ; une deuxième enquête a permis de préciser la zone d'intensité maxima et la position de l'épicentre (45°46' N, 5°48' E).

On a noté les intensités suivantes : Ain : 6-7 à Nattages (chutes de cheminées, fissures murales) ; 6 à Massignieu-de-Rives (3 secousses) et Cressin-Rochefort (chute de tuiles) ; 5-6 à Artemare ; 5 à Audert et Condon, Flaxieu, Lavours, Saint-Champ ; 4-5 à Arbignieu, Brens. Savoie : 6-7 à Saint-Pierre de Curtille (une cheminée abattue, fissures), Conjux (chute d'une cheminée, chute de tuiles, maison lézardée) ; 5-6 à Albens (fissures, lézardes) ; 5 à Chindrieux, Serrières-en-Chautagne, Saint-Germain-la-Chambotte, Vions ; 4-5 à La Balme, Saint-Girod. Haute-Savoie : 5-6(?) à Hery-sur-Alby (chute d'une cheminée, mais secousse ressentie par une partie de la population) ; 5 à Rumilly, St-Félix, Massigny ; 4-5 à Bloye (assez nombreuses personnes, fissures).

La surface macroséismique est d'environ 2000 km<sup>2</sup> (figure 23).

Enquête macroséismique : 204 réponses dont 89 positives ; R = 25 km ; r<sub>0</sub> = 10 km.

Données microséismiques :

163 km	Neuchâtel	iPn	16 h. 10 mn. 38,3 s.	iPg	16 h. 10 mn. 40,7 s.	iSg	16 h. 11 mn. 00 s.
170	Oropa	ei	16 h. 10 mn. 52 s.				
210	Clermont	Pg	16 h. 10 mn. 48,5 s.	Sg	16 h. 11 mn. 13,5 s.		
240	Basel	iPn	16 h. 10 mn. 48,0 s.	ePg	16 h. 10 mn. 53 s.	i(Sb)	16 h. 11 mn. 18 s.
260	Monaco	iPg	16 h. 10 mn. 58,5 s.	i(Sg)	16 h. 11 mn. 30 s.		

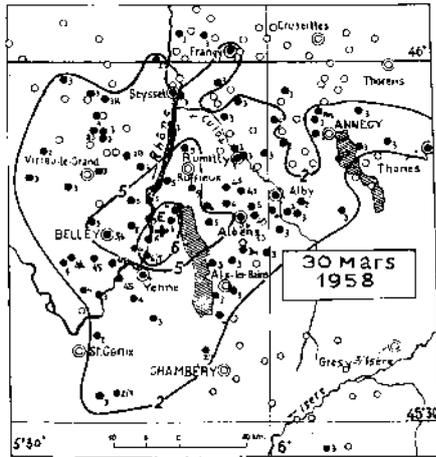


Fig. 23

269*	km Garchy	iPn	16 h. 10 mn. 51,9 s.	e(Pb)	16 h. 10 mn. 54,1 s.	iPg	16 h. 10 mn. 57,7 s.
		iSg	16 h. 11 mn. 27,9 s.				
278*	Zürich	ePn	16 h. 10 mn. 52,7 s.	ePg	16 h. 10 mn. 59,4 s.	eSg	16 h. 11 mn. 30 s.
272	Pavia	ePg	16 h. 11 mn. 02 s.	e(Sg)	16 h. 11 mn. 38 s.		
312*	Chur	e(Pb)	16 h. 11 mn. 01,5 s.	ePg	16 h. 11 mn. 05,8 s.	eSg	16 h. 11 mn. 43,2 s.
347*	Strasbourg	iPg	16 h. 11 mn. 19,5 s.	iSg	16 h. 11 mn. 53 s.		
360*	Messstetten	ePg	16 h. 11 mn. 14 s.	eSg	16 h. 11 mn. 56,5 s.		
367*	Ravensburg	ePg	16 h. 11 mn. 15 s.	e(Sn)	16 h. 11 mn. 42 s.	iSg	16 h. 11 mn. 56,5 s.
394*	Tübingen	i! Pg	16 h. 11 mn. 20,5 s.	eSn	16 h. 11 mn. 46 s.	i! Sg	16 h. 12 mn. 06 s.
410	Karlsruhe	ePg	16 h. 11 mn. 24 s.	eSn	16 h. 11 mn. 52 s.	oSg	16 h. 12 mn. 13 s.
421	Paris	e(Pn)	16 h. 11 mn. 12,5 s.	i(Pg)	16 h. 11 mn. 28,5 s.	iSn	16 h. 11 mn. 52,5 s.
		iSb	16 h. 12 mn. 02 s.	iSg	16 h. 12 mn. 14 s.		
421*	Stuttgart	ePn	16 h. 11 mn. 09 s.	ePb	16 h. 11 mn. 17,6 s.	iPg	16 h. 11 mn. 23,0 s.
		e! Sg	16 h. 12 mn. 17 s.				
458	Bologna	e(Sb)	16 h. 12 mn. 15 s.				
562	Tolmezzo	ePn	16 h. 11 mn. 29,7 s.	eSb	16 h. 12 mn. 30,7 s.	eSg	16 h. 12 mn. 43 s.
		e	16 h. 12 mn. 48,1 s.				
586	Bensberg	e(Pg)	16 h. 11 mn. 53,5 s.	e	16 h. 12 mn. 01 s.	e(Sn)	16 h. 12 mn. 42 s.
		eiSg	16 h. 13 mn. 05 s.				
718*	Iéna	ePg	16 h. 12 mn. 12 s.	eSb	16 h. 13 mn. 20 s.	iSg	16 h. 13 mn. 40 s.
782	Halle	i(Pg)	16 h. 12 mn. 27 s.	iSn	16 h. 13 mn. 18 s.	e(Sb)	16 h. 13 mn. 43 s.
		i! Sg	16 h. 14 mn. 01 s.				
804*	Pruhonice	eiPg	16 h. 12 mn. 28 s.	eiSn	16 h. 13 mn. 16 s.	ciSb	16 h. 13 mn. 41 s.
		eiSg	16 h. 14 mn. 01 s.				
802	Praha	ei(Pg)	16 h. 12 mn. 32 s.	iSg	16 h. 14 mn. 04 s.		
813	Collm	e(Pg)	16 h. 12 mn. 32,5 s.	e(Sn)	16 h. 13 mn. 13,1 s.		
849	Wien	eSn	16 h. 13 mn. 27 s.	eSg	16 h. 14 mn. 16 s.		
900	Bratislava	ei(Pb)	16 h. 12 mn. 18 s.	eiPg	16 h. 12 mn. 42 s.	eiSn	16 h. 13 mn. 38 s.
		ei(Sg)	16 h. 14 mn. 36 s.				
1157	Krakow	eSg	16 h. 15 mn. 43 s.				

Les distances ont été calculées à partir de l'épicentre macrosismique (45°46' N, 5°48' E).

L'heure origine est : H = 16 h. 10 mn. 12 s.

Les données précédentes permettent de définir les vitesses suivantes :

Onde Pn vitesse 8,2 km/s environ	Onde Sn 4,6 km/s environ
Onde Pg vitesse 5,9 km/s	Onde Sg 3,45 km/s

La calculatrice électronique a fourni les résultats suivants :

a) en utilisant les phases Pn et Pg des stations marquées d'un astérisque dans le tableau ci-dessus (19 données) et en supposant un foyer superficiel :

45°50' N ± 2', 5°47' E ± 2', H = 16 h. 10 mn. 13,0 s. ± 0,3 s.

b) en utilisant la phase Sg inscrite à Neuchâtel, Clermont, Garchy, Zurich, Chur, Stuttgart, Paris, Messstetten, Ravensburg, Tübingen, Strasbourg, Bensberg, Iéna et Pruhonice (14 données) et en supposant un foyer superficiel :

45°43' N ± 6', 5°50' E ± 3', H = 16 h. 10 mn. 09,5 s. ± 2,1 s.

On constatera que le point trouvé par le calcul basé sur les phases Pg et Pn (a) n'est distant de l'épicentre macrosismique que de 8 km environ.

Plusieurs répliques ont été signalées à Conjux vers 18 heures le 30 mars et à 2 heures le 31 mars ; cette dernière secousse a été également ressentie à Vions, Traize, Maassignieu de Rivers, Chaignieu-la-Balme, Béon, Brens, Arbignieu. La forme de la zone macrosismique ainsi définie confirme la position de l'épicentre de la secousse principale.

96. - 4 mai 1958 à 10 h. 52 mn. 45 s. - Piémont : 44°5 N, 7°4 E.

Le foyer de ce séisme originaire d'Italie se trouve sur l'arc séismique piémontais. La secousse a été ressentie avec l'intensité 6 dans la région épiscopale à Roccavione, Caraglio, Brusca, Valdieri, Gaiola ; 5-6 à Rittana et Pagno.

En France, cette secousse a été largement ressentie dans les Alpes Maritimes et dans une partie des Basses-Alpes. Dans le Sud-Ouest la limite de la zone macrosismique suit une ligne assez régulière jalonnée par Forcalquier (145 km), Barjols (155 km), Brignoles (160 km) et Fréjus (135 km).

On a noté l'intensité 6 à St-Dalmas-le-Selvage ; 5 à Clans, Guillaume, Isola, Marie, St-Etienne-de-Tinée, St-Sauveur-de-Tinée et Sospel ; 4-5 à la Bollène-Vésubie, Roquebillière, Tende et dans d'autres communes des Alpes Maritimes.

Dans les Basses-Alpes on signale l'intensité 5 à Barcelonnette, St-Paul ; 4-5 à Larche et Meyrannes ; 4 à Jausiers, Uvernet ; 3 à Allos, Colmars, Entrevaux, St-Pons et Rioz ; 2 à Digne, Forcalquier et Ubaye.

Dans le Var, 3 à Aups, Barjols, Brignoles, Draguignan ; 2 à Fréjus.

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires (Bulletin mensuel du Bureau International de Séismologie, 1958, pp. 724-725).

L'heure origine calculée est H = 10 h, 52 mn, 45 s.

L'épicentre indiqué par la station de Rome a pour coordonnées : 44°5 N, 7°4 E.

La calculatrice électronique utilisant les phases Pn et Pg a fourni les résultats suivants : 44°45 N ± 0°1, 7°25 E ± 0,15 ; H = 10 h, 52 mn, 48 s, ± 1,0 s.

L'I.S.S. (1952, p. 318) donne pour épicentre un point de coordonnées 44°35 N, 7°00 E, point probablement trop occidental.

97. - 12 juin 1958 à 00 h. 38 mn. - Basses-Pyrénées : vers 43°N, 0°1/2 W.

Ce séisme a été inscrit à :

245 km	Tortosa	i(Sg)	09 h. 39 mn. 29 s.	iS	09 h. 39 mn. 49 s.
415	Clermont	iPn	09 h. 39 mn. 44 s.	iPg	09 h. 39 mn. 58 s.
		iSn	09 h. 40 mn. 25 s.	iSg	09 h. 40 mn. 41,5 s.
735	Neuchâtel	e	09 h. 42 mn. 05,4 s.		
985	Stuttgart	e	09 h. 43 mn. (19) s.		

D'après ces données, un épicentre dans la région d'Arudy (vers 43°N, 0°1/2 W) est possible, l'heure origine étant voisine de 09 h. 38,8 mn.

Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique, cependant la mairie de Louvie-Juzon a signalé que la secousse avait été ressentie avec l'intensité 5.

98. - 23 juin 1958 à 20 h. 48 mn. 10 s. - Puy de Dôme : 45°32' N, 3°41' E.

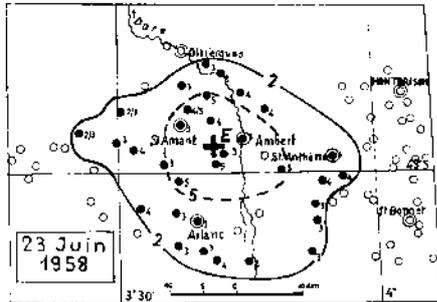


Fig. 24

Le séisme du 23 juin a intéressé le bassin d'Ambert et une partie du socle cristallin dans la région des Bois Noirs, à l'Ouest de ce bassin ; on a noté l'intensité 5 à Bertignat, Chambon, Champétières, Condat-les-Montbois, Grandrif, au Monestier ; 4-5 à Echandelys, Grandval, Job, St-Germain l'Herm et Thiolières ; 4 à Mayres, St-Anthème, St-Clément d'Ambert, St-Romain, Valcivières ; 3 à Ambert, à la Chapelle-Agnon, à Doranges, Eglisolles, Fournols, Marat, Navacelles, Sauvessanges etc.

Enquête macroséismique : 90 réponses dont 33 positives ; R = 18 km.

L'épicentre macroséismique se trouve à 5 km à l'Ouest d'Ambert (figure 24).

L'aire macroséismique atteint 1030 km<sup>2</sup>. La géologie de surface ne permet pas d'expliquer la position de l'épicentre macroséismique. Le foyer est sans doute en relation avec un accident tectonique plus profond formant le contact entre le bassin

tertiaire d'Ambert et les terrains cristallins. Une réplique a été signalée à Saint-Anthème le 27 juin 1958 à 20 h, 49 mn.

Les données microséismiques sont les suivantes :

54 km	Clermont	iPg	20 h. 48 mn. 20,5 s.	iSg	20 h. 48 mn. 27,5 s.
199	Garchy	iPg	20 h. 48 mn. 45,9 s.	iSg	20 h. 49 mn. 07,6 s.
457	Strasbourg	e	20 h. 52 mn. 10 s.	e	20 h. 52 mn. 33 s.

L'heure origine calculée est H = 20 h, 48 mn, 10 s.

99. - 29 juin 1958 à 10 h. 55 mn. - Basses-Alpes : vers 44°6 N, 6°7 E.

La presse locale a signalé une secousse le 29 juin 1958 à 18 h. 30 mn, ressentie assez fortement à Barcelonnette (Basses-Alpes). Sur 16 réponses à l'enquête macroséismique 2 seulement sont positives et mentionnent une secousse ressentie à 10 h. 55 mn. à Barcelonnette et à St-Paul d'Ubaye.

Il est possible que deux secousses se soient produites le même jour ; la seconde aurait été faiblement enregistrée à Monaco (e 18 h. 30 mn. 12 s. e 18 h. 30 mn. 18,5 s.).

100. - 20 juillet 1958 à 19 h. 27 mn. 15 s. - Ile d'Oléron : 46°0 N, 1°2 W.

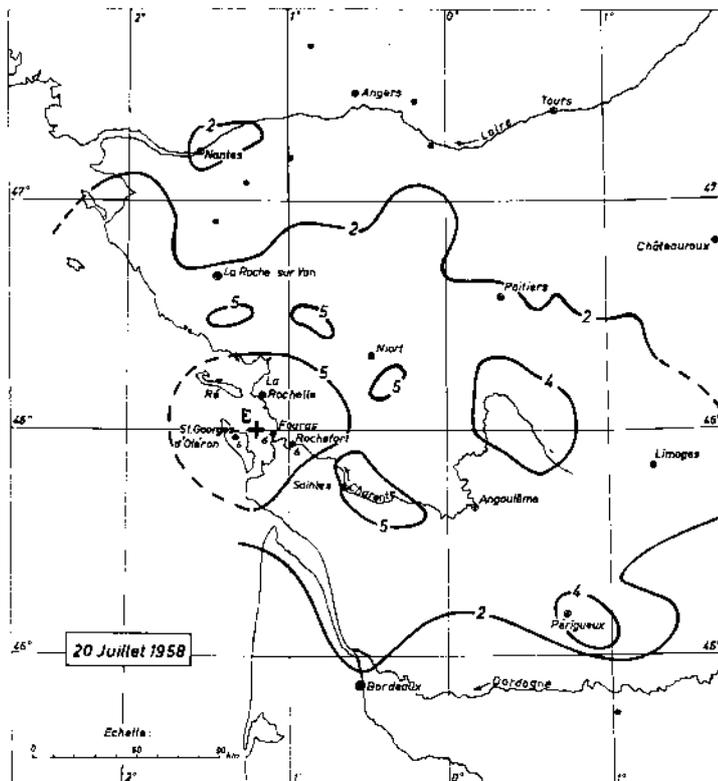


Fig. 25

Enquête macroséismique : 598 réponses dont 393 positives ;  $R = 150$  km environ ;  $r_s = 36$  km. La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires européens. (Bulletin mensuel du Bureau International de Séismologie, 1958, pp. 1235-1236). L'I.S.S. (1958, p. 532) donne comme épicerentre un point de coordonnées 46°,19 N, 1°,24 W, une profondeur de foyer  $h = 0$  km, et une heure origine  $H = 19$  h. 27 mn. 15 s. La secousse a été enregistrée jusqu'à Tamanrasset (2 670 km).

L'épicerentre du séisme du 7 janvier 1955 (voir plus haut, N° 52), était un peu plus occidental (46°0 N, 1°5 W), immédiatement à l'Ouest de l'Ile d'Oléron.

101. - 8 août 1958 à 05 h. 29 mn. et à 20 h. 37 mn. - Méditerranée au large de la Catalogne : 41°4 N, 2°8 E.

L'important séisme qui s'est produit le 8 août 1958 à 05 h. 29 mn. au large de la Catalogne (41°4 N, 2°8 E) a été ressenti en France à la station météorologique d'Arles sur Tech (Pyrénées orientales) à 120 km environ de l'épicerentre.

La réplique principale du 8 août 1958 à 20 h. 37 mn. a également été ressentie à Arles sur Tech.

Des cartes macroséismiques ont été publiées (E. Fontseré, Los Temblores de Tierra Catalanes del Año 1958, Real Academia de Ciencias y artes de Barcelona, Observatorio Fabra, Boletín N° 47, 1961, pp. 479-481).

Ces deux séismes ont été inscrits par de nombreuses stations européennes et par quelques stations américaines (Hungry Horse, Laramie, Eureka, Tucson). Voir : Bulletin mensuel du Bureau Central international de

Important séisme présentant beaucoup d'analogie avec celui du 7 janvier 1955 (N° 52) et qui a été ressenti largement dans l'Ouest de la France, en Charente-Maritime, en Vendée et dans plusieurs localités de la Loire Maritime, des Deux Sèvres, du Maine et Loire, de la Vienne, de la Haute-Vienne, de la Dordogne, du Lot et Garonne et de la Gironde.

Bien que la zone d'intensité 5 occupe une surface importante (d'environ 4 000 km<sup>2</sup> ;  $r_s = 36$  km) il n'y a pas de zone d'intensité maxima bien définie. On a observé quelques chutes de cheminées à St-Georges d'Oléron, chutes de quelques pierres d'une église à Rochefort-sur-Mer et l'effondrement de la rosace de la façade de l'église de Fouras. Partout ailleurs, dans la zone épicerentrale, l'intensité 5 n'a pas été dépassée. L'épicerentre macroséismique paraît se trouver entre l'Ile d'Oléron et la côte, au voisinage de l'Ile d'Aix (46°0 N, 1°2 W). Les terrains de surface appartiennent à l'aurole de terrains jurassiques et crétacés qui bordent au Nord le Bassin d'Aquitaine, mais le foyer du séisme est probablement lié à un accident profond du socle.

La secousse a été ressentie sur terre sur environ 41 000 km<sup>2</sup> et le rayon de la surface macroséismique totale, très irrégulière, est d'environ 150 km en moyenne. La limite de l'aire macroséismique passe approximativement par Nantes, Thouars, Poitiers, Limoges, Périgueux et Bordeaux (figure 25).

Seismologie, août 1958, pp. 1344-1345 et 1348-1349. L'I.S.S. (1958, p. 579) donne pour un épicentre un point de coordonnées 41°,45 N ; 2°,78 E ; H = 05 h, 29 mn, 32 s.

102. - 13 septembre 1958 à 16 h. 21 mn. - Chautagne : 45°42' N, 5°43' E.

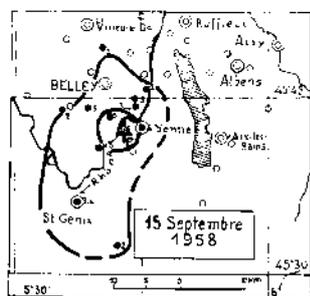


Fig. 26

Séisme très localisé dont l'épicentre se trouve au voisinage du village de la Balme (45°42' N, 5°43' E) où on a signalé des chutes de tuiles ; la secousse a, en outre, été ressentie 5 à Brens ; 4-5 à Peyrieux, 4 à Yenne, 3-4 à Nattages et à St-Genix, 3 à Arbignieu, Parves, 2 à Conzieu, Massignieu-de-Rives, Domessin, Meyrieux-Trouet et Conjux. La surface macrosismique ne dépasse pas 350 km<sup>2</sup> (figure 26). Enquête macrosismique : 92 réponses dont 13 positives ; R = 10,5 km.

L'épicentre macrosismique coïncide avec la cluse de Pierre-Châtel où le Rhône traverse d'Est en Ouest l'axe anticlinal jalonné par la montagne de Parves et le Mont Tournier. Peut-être un accident transversal siège du séisme du 15 septembre 1958 a-t'il favorisé la formation de la cluse. On notera que cet épicentre est seulement à 10 km au Sud-Ouest de Massignieu-de-Rives, foyer de la secousse du 30 mars 1958 (étudiée plus haut N° 95). Les données microsismiques sont les suivantes :

171 km	Neuchâtel	iPg	16 h. 22 mn. 21,0 s.	eSg	16 h. 22 mn. 41 s.
205	Clermont	eSg	16 h. 22 mn. 50,5 s.	e	16 h. 23 mn. 09,5 s.
251	Bâle	ePg	16 h. 22 mn. 35,0 s.	eSg	16 h. 23 mn. 05 s.
256	Monaco	ePg	16 h. 22 mn. 37 s.	iSg	16 h. 23 mn. 05,5 s.
355	Strasbourg	e(Sg)	16 h. 23 mn. 45 s.	e	16 h. 24 mn. 20 s.
428	Stuttgart	eSg	16 h. 23 mn. 57 s.	e	16 h. 24 mn. 02 s.

Heure origine calculée : H = 16 h. 21 mn. 51 s.

Des quelques données ci-dessus on déduit les vitesses approximatives suivantes :

Onde Pg = 5,6 km/s      Onde Sg = 3,4 km/s.

103. - 30 septembre 1958 à 17 h. 05 mn. 03 s. - Morvan : 47°2 N, 4°1 E.

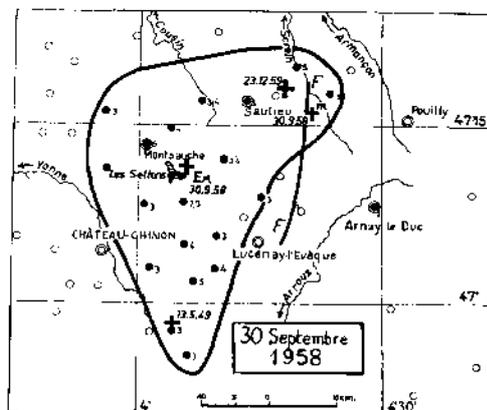


Fig. 27

La surface macrosismique (environ 1200 km<sup>2</sup>) est située, comme celle du séisme du 13 mai 1949, en bordure sud-orientale des terrains granitiques qui constituent le Morvan, dans une région très fracturée au contact des bassins carbonifères et permians d'Autun et d'Epinac. L'épicentre macrosismique (47°2 N, 4°1 E) assez difficile à déterminer est voisin du Lac des Settons. Il n'y a pas de zone nette d'intensité maxima mais plusieurs îlots. Enquête macrosismique : 73 réponses dont 20 positives.

On a noté les intensités suivantes (figure 27) :

Côte d'Or : 5 à la Motte Tournant ; 3-4 à Champceau ; 3 au Mont-St-Jean, Saulieu et Villars-en-Morvan ; 2 à Arnay-le-Duc.

Saône-et-Loire : 5 à Roussillon en Morvan ; 4 à Anost, la Petite Verrière, Cussy-en-Morvan, St-Léger sous Beuvray, et St-Prix.

Nièvre : 5 à Montsauche ; 3-4 à Alligny en Morvan ; 3 à Arleuf en Morvan, Brassy, Gouloux, Ouroux, Planchez-du-Morvan (la tour de télévision de la Chaise a fortement oscillé) ; 2-3 à Gien sur Cure et à Château-Chinon.

Les données microsismiques sont les suivantes :

193 km	Clermont	iPn	17 h. 05 mn. 35 s.	iPg	17 h. 05 mn. 38	iSg	17 h. 05 mn. 58 s.
200	Neuchâtel	e	17 h. 05 mn. 36,8 s.	e(S)	17 h. 06 mn. 01 s.		
220	Paris	i	17 h. 06 mn. 01 s.	iSg	17 h. 06 mn. 07 s.		
246	Bâle	ePg	17 h. 05 mn. 45,9 s.	eSg	17 h. 06 mn. 16 s.		
295	Strasbourg	iPg	17 h. 05 mn. 54 s.	e(Sg)	17 h. 06 mn. 36 s.		
361	Messstetten	ePg	17 h. 06 mn. 05 s.	eSg	17 h. 06 mn. 47 s.		
379	Tübingen	eSg	17 h. 06 mn. 53 s.	e	17 h. 06 mn. 56 s.		
398	Stuttgart	ePg	17 h. 06 mn. 11 s.	e	17 h. 06 mn. 57,5 s.		
400	Ravensburg	e	17 h. 06 mn. 52 s.				

L'épicentre microséismique (figure 27, m) calculé d'après les données ci-dessus est à l'Est de l'épicentre macroséismique (figure 27, EM) et en bordure de la zone macroséismique ; le foyer n'est sans doute pas superficiel.

La calculatrice électronique, utilisant les phases Pg et Sg enregistrées aux stations de Clermont, Paris, Bâle, Strasbourg, Meersstetten, Tübingen et Stuttgart, a fourni les résultats suivants :

$47^{\circ}16' N \pm 4'$ ,  $4^{\circ}21' E \pm 4'$ , H = 17 h. 05 mn. 03,3 s.  $\pm 0,9$  s.

Les distances indiquées ci-dessus ont été calculées par rapport à l'épicentre microséismique.

Ce séisme a été suivi de deux répliques le 30 septembre vers 22 heures et le 1<sup>er</sup> octobre vers 0 h. 30 mn., ressenties dans la plupart des localités indiquées plus haut. La station de Clermont-Ferrand a enregistré une réplique le 1<sup>er</sup> octobre à 04 h. 06 mn. 24 s.

104. - 25 novembre 1958 à 02 h. 23 mn. 57 s. - Hautes-Pyrénées ;  $43^{\circ}0' N$ ,  $0^{\circ}3' E$ .

Important séisme qu'on peut comparer à celui du 31 janvier 1950 dont l'épicentre était très voisin ( $43^{\circ}00' N$ ,  $0^{\circ}13' E$ ). Cependant le séisme du 25 novembre 1958 s'est beaucoup plus largement étendu vers le Nord (figure 28) puisqu'il a été ressenti jusqu'à Bordeaux (210 km) et Périgueux (235 km) et même Limoges (320 km). Une large enquête macroséismique a été faite : 537 réponses ont été reçues dont 429 positives ; le rayon de la surface macroséismique en France varie entre 60 km et 220 km ; le rayon de l'isoséiste 5 est d'environ 40 km.

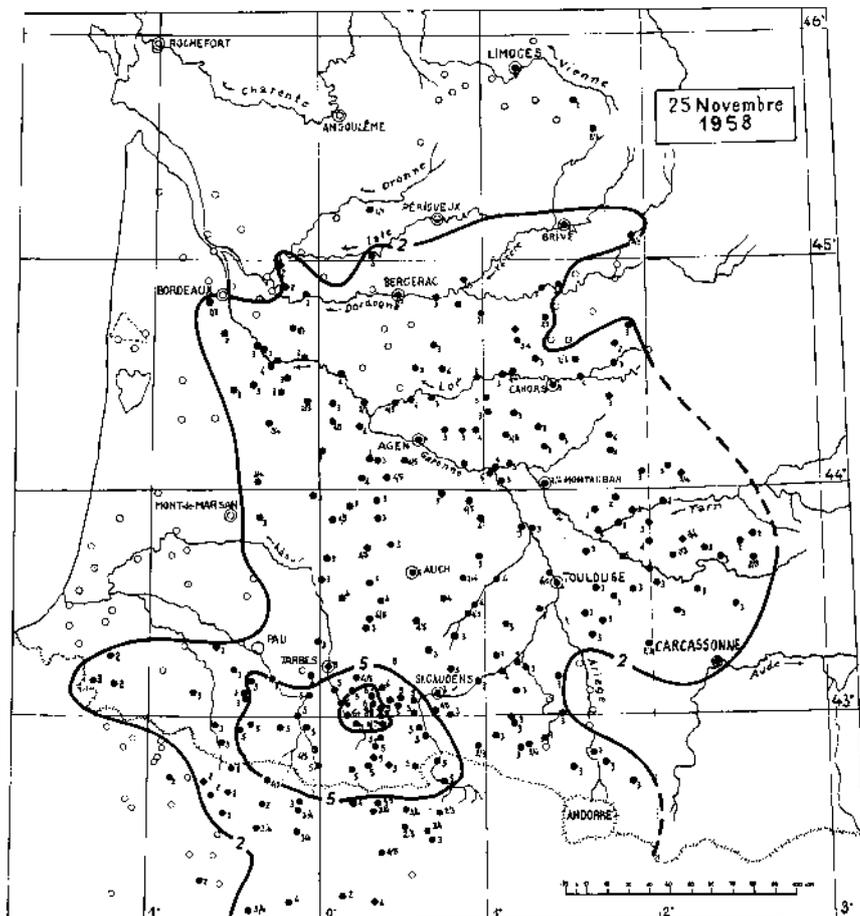


Fig. 28

Dans la zone pléistocène on a noté les intensités suivantes :

*intensité 7* : Hèches (plafonds fendillés, chute de cheminées), Lortet (plusieurs cheminées renversées, fissures anciennes agrandies).

*intensité 6-7* : Sarrancolin (quelques fissures dans des vieilles cloisons, 2 vieilles cheminées tombées, 4 secousses).

*intensité 6+* : Argelès-Bagnères (fissures), Campan (chute d'objets, 4 secousses), Lannemezan (chute de lustre dans une maison), Labassère (tintement de cloches).

*intensité 6* : Antist, Artignemy, Bagnères de Bigorre, Banios (arrêt de pendules), Bazus-Neste (arrêt de pendules, 3 secousses), Ayros-Arbouix (réveil général des dormeurs), Ilhet-Galan (fissures), Montgaillard, Mazoué (arrêt de certaines pendules), Beyrède-Jumet (quelques fissures sur les immeubles vétustes et certaines vieilles murailles).

L'épicentre macroséismique (43°0 N, 0°3 E) se trouve sur la ligne Campan-Lortet-Hèches où affluent les terrains jurassiques fortement plissés du front nord-pyrénéen. Il se trouve à une dizaine de kilomètres à l'Est de celui du séisme du 31 janvier 1950 (43°00' N, 0°13' E).

Le séisme du 25 novembre 1958 a été inscrit dans plus de 50 stations sismologiques (Bulletin du B.C.I.S., 1958, pp. 2117-2118). La magnitude a été évaluée à 4 1/2 par la station de Praha, L'I.S.S. (1958, p. 929-930) qui a publié les données de 58 stations, a indiqué pour épicentre un point de coordonnées 43°02' N, 0°26' W, H = 02 h, 23 mn, 57 s., h = 0 km. Cet épicentre est beaucoup trop occidental et en dehors de la surface pléistocène. On notera que le calcul des épicentres des séismes pyrénéens est souvent difficile et les résultats obtenus peu concordants avec les observations macroséismiques.

105. - 8 décembre 1958 à 20 h, 21 mn. - Basses-Pyrénées : vers 43°2 N, 0°6 W.

Séisme signalé par les stations météorologiques de Buzy-en-Béarn et de Eyzus et ressenti 5 à Accous, Eysus, Féas ; 4-5 à Asasp ; 3 à Gurmençon, Lasseubetat ; 2-3 à Lourdios-Ichère et Busy-en-Béarn.

L'épicentre macroséismique se trouve sur le front nord-pyrénéen vers 43°2 N, 0°6 W, au Sud d'Oloron-Sainte-Marie.

Enquête macroséismique : 34 réponses dont 8 positives ; R = 15 km.

Il s'agit probablement du séisme inscrit à Tortosa : (ePg) 20 h, 21 mn, 49 s., i(Sg) 20 h, 21 mn, 36 s.

106. - 13 décembre 1958 à 09 h, 44 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°2 E.

Légère secousse ressentie dans la région de Campan et inscrite à Tortosa le 13 décembre 1958 (ePg 09 h, 44 mn, 08 s., iSg 09 h, 44 mn, 14 s.) ; il peut s'agir d'une réplique de l'important séisme du 25 novembre 1958 (N° 104).

La secousse a été ressentie 5 à Campan et Tibiran-Jaunac ; 3 à Arreau, Artignemy, Bagnères de Bigorre et Lortet ; 2 à St-Laurent de Neste.

Enquête macroséismique : 25 réponses dont 7 positives ; R = 15 km.

107. - 20 décembre 1958 à 21 h, 05 mn. - Loire Atlantique : vers 47°0 N, 1°8 W.

Le poste météorologique de Machecoul (Loire Atlantique) signale une légère secousse ressentie dans cette localité le 20 décembre 1958. Cette secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires.

Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique.

108. - 22 décembre 1958 à 00 h. - Basses Pyrénées : vers 42°9 N, 0°6 W.

Secousse signalée par l'observateur de la station météorologique de Borce (Basses-Pyrénées) comme ressentie le 22 décembre 1958 vers 00 h.

Pas d'enquête macroséismique. Le même observateur a signalé deux autres secousses ressenties à Borce et Urdos le 28 décembre vers 22 heures et le 31 décembre vers 16 h, 15 mn. La secousse du 28 décembre a également été signalée à Oloron-Sainte-Marie.

Ces secousses n'ont pas été inscrites dans les observatoires.

109. - 1<sup>er</sup> janvier 1959 à 09 h, 35 mn. - Basses-Pyrénées : 43°2 N, 0°6 W.

Le séisme du 1<sup>er</sup> janvier 1959 a été ressenti dans les Basses-Pyrénées aux environs d'Oloron-Sainte-Marie.

On a noté les intensités suivantes : 5 à Buziet, Eysus, Goés, Oloron Ste-Marie ; 4 à Bielle, Gurmençon, Laruns, Buzy en Béarn ; 3 à Accous, Asté-Béon, Nay ; 2-3 à Arudy.

La zone épiscopale correspond à la région de plissements crétacés de l'avant-pays pyrénéen, au Sud d'Oloron Saint-Marie.

Enquête macroséismique : 29 réponses dont 12 positives ; R = 25 km ;  $r_s = 10$  km

Cette secousse a été inscrite dans quelques observatoires :

Tortosa	ePg	09 h. 35 mn. 24 s.	iSg	09 h. 35 mn. 56 s.
Clermont	ePn	09 h. 35 mn. 48,5 s.	iSn	09 h. 36 mn. 26 s.
Folinière	e	09 h. 36 mn. 03,1 s.		
Monaco	e	09 h. 37 mn. 58 s.		

110. - 2 janvier 1959 à 05 h. 19 mn. 45 s. - Bretagne : 48°0 N, 4°0 W.

Cet important séisme dont l'épicentre se trouve dans le Sud du département du Finistère a été ressenti sur une surface considérable, le rayon de l'aire macroséismique ayant atteint 340 km ; la secousse a même été signalée en plusieurs points de la région parisienne, à plus de 480 km de l'épicentre (figure 29).

Dans la zone pléistóséiste de légers dégâts ont été constatés, en particulier à Quimper.

Dans le département du Finistère, on a noté les intensités suivantes : 7 à Combrit (fissures dans beaucoup de maisons, une vingtaine de cheminées abattues), Melgven (fissures dans les plafonds, quelques lézardes dans les maçonneries, chutes de cheminées, de pierres, d'une statue dans l'église, des 2 croix en pierres situées sur les transepts de l'église), Quimper (fissures, chutes de tuiles et de cheminées, chute d'une corniche du clocher de la cathédrale ; 6-7 à Douarnenez (dommages à un clocher, fissures dans plusieurs pignons d'immeubles), Edern (fissures du plâtre dans les étages, chute de pierres de taille de cheminées), St-Thurien (fissure dans les enduits, chute de pierres de quelques cheminées), Kernével (fissures dans les maisons), Benodet (fissures dans les plâtres), Fouesnant (fissures de maçonneries, calvaire dans l'église paroissiale décapité), Blomelin (fissures dans les murs, chute de pierres de cheminées), Port-Launay (mur du cimetière écroulé), Plozevet (chute de tuiles de cheminées, fissures dans les plâtres) ; 6 à Tregunc (fissures de murs), Scaer (fissures aux plâtres, lézardes dans certains murs), Quimperlé (fissures de plâtres et cheminées) ; Gourlizon (plâtre craquelé dans une maison, chute de pierres), Plogastel St-Germain (chute de pierre d'immeubles), Clohars-Carnoët (chute d'une plaque de 50 cm<sup>2</sup> de plâtre d'un plafond) ; Trémeoc (chute de pierres de cheminées, crevasses), Concarneau (très légères fissures, quelques chutes de plâtre), Rosporden (chutes de poussières et de plâtres dans certaines maisons), St-Thégonnec (dans l'église chute d'une statue de bois pesant 25 à 30 kgs) ; 5 à 6 à Locronan (renversement des étalages, chutes de plâtres).

Dans le département du Morbihan, l'intensité 5 a été dépassée au Faouët (6-7, chute d'un fleuron ornant l'une des tours de la chapelle et de 2 cheminées), à Guiseriff (6-7, dégâts à 3 cheminées, interruption du courant électrique), à la Trinité Porhoët (6, chute de plâtres), à St-Tugdual (5-6, quelques chutes de pierres de cheminées).

Dans le département des Côtes du Nord on a observé localement des intensités supérieures à 5 à Glomel (6, lézardes, chute d'ardoises) et à Lannion (6, ardoises et pierres de cheminées tombées).

L'intensité 5 a été atteinte dans un grand nombre de communes des départements de l'Ouest de la France ; le rayon limite mesure environ 150 kms.

Enquête macroséismique : 819 réponses dont 681 positives ; R = 340 km ;  $r_s = 150$  km ;  $r_e = 23$  km.

Pour le département de la Mayenne une étude macroséismique spéciale a été publiée par Y. Hébert (Etude macroséismique du séisme du 2 janvier 1959, Bulletin de Mayenne-Sciences, 1959, pp. 64-72) ; le maximum d'intensité (5) a été signalé dans la région de Andouillé-St-Jean de Mayenne qui avait constitué une partie de l'aire pléistóséiste du séisme du 10 janvier 1921.

A Paris et dans la région parisienne une enquête spéciale a été faite grâce à un appel diffusé par la Radio-diffusion française ; 91 lettres ont été reçues provenant de Paris et 41 autres des localités de la banlieue. Comme en 1938, les réponses montrent que la secousse a surtout été ressentie dans les étages supérieurs. La statistique suivante indique le pourcentage d'observations suivant l'étage ; elle est significative aussi bien pour le séisme du 11 juin 1938 dont l'épicentre se trouvait en Belgique que pour le séisme du 2 janvier 1959.

	Rue	Rez-chaussée	Etages							
			1 <sup>er</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup> et plus
11 juin 1938 (155 réponses)	1	2	6	7	11	17	19	25	10	2
2 janvier 1959 (91 réponses)	0	0	0	3	8	16	26	28	13	6

Les maisons de plus de 7 étages étant encore rares à Paris, on voit que pour les deux séismes les observations les plus fréquentes sont faites aux cinquièmes et sixièmes étages.

Les observations ont été beaucoup plus nombreuses dans les quartiers périphériques de Paris - plus peuplés - et en particulier dans ceux situés dans les parties les plus élevées de la ville (Montmartre, Buttes-Chaumont, Belleville) : 38 réponses sur 90 proviennent des XVIII<sup>e</sup>, XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> arrondissements.

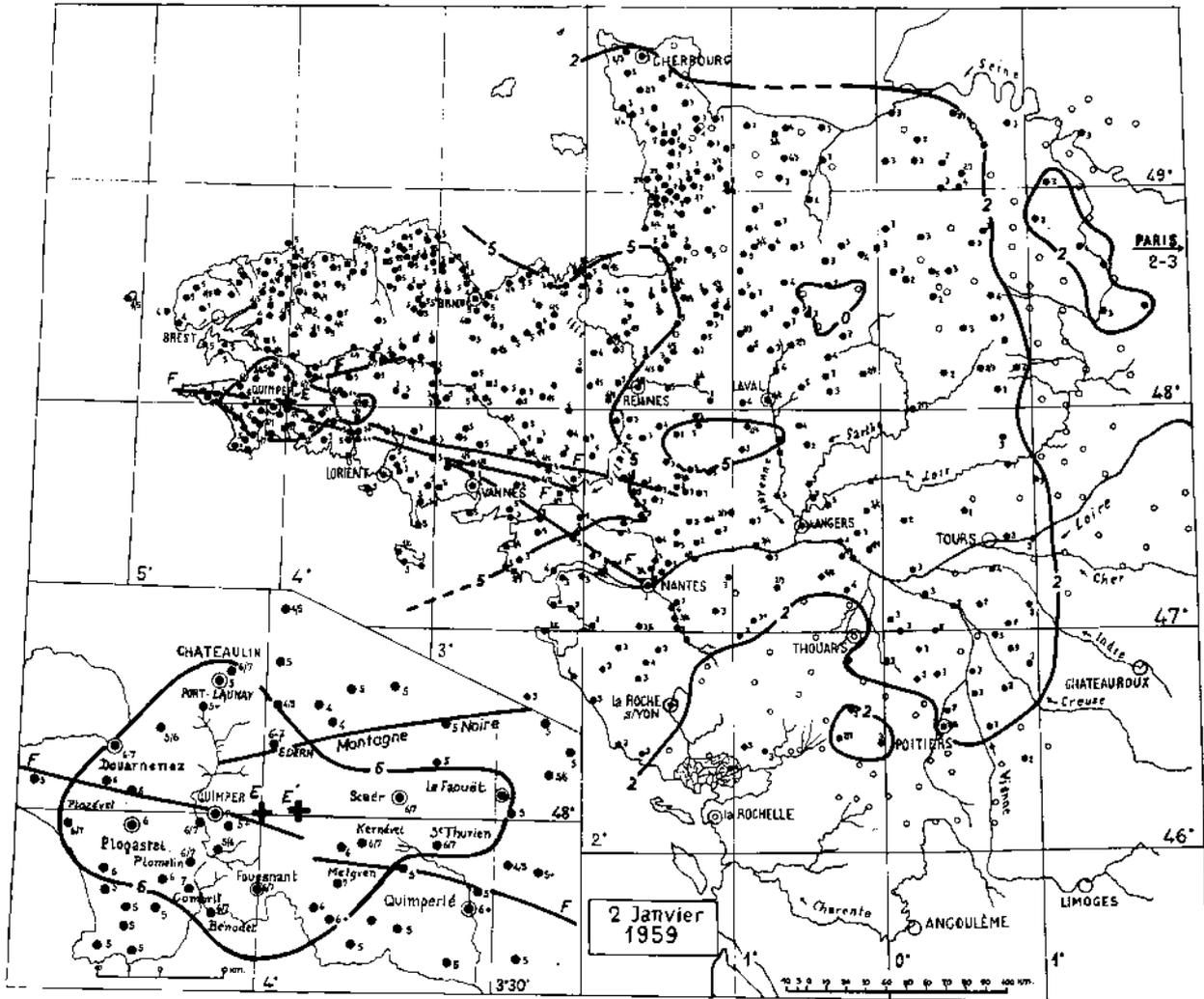


Fig. 29

Des réponses positives sont parvenues de nombreuses localités de la région parisienne, en particulier Asnières, Bondy, Boulogne-Billancourt, Courbevoie, Clichy, Garches, Gentilly, Issy-les-Moulineaux, Meudon, Neuilly, Saint-Cloud, Saint-Ouen, Versailles, Vincennes, etc.

*Etude microsismique*

Le séisme, dont la magnitude a été évaluée à 5,2 par la station de Prague, a été inscrit par 77 stations jusqu'à Mount Hamilton à 8725 km de distance (voir : Bulletin mensuel du B.C.I.S., 1959, pp. 9-10). L'I.S.S. (1959, pp. 4-5) a donné les coordonnées suivantes : 48°01' N, 3°56' W, H = 05 h. 19 mn. 39 s., h = 0 km. Cet épïcêtre est indiqué par la croix E' sur la carte figure 29.

Plusieurs calculs ont été effectués en utilisant le programme électronique :

a) Tables d'Haslach extrapolées jusqu'à 21° et Tables Jeffreys-Bullen au delà ; profondeur imposée 33 km

48°09' N ± 4', 4°05' W ± 7' ; H = 05 h. 19 mn. 46,1 s. ± 0,7 s.

b) Tables Jeffreys-Bullen complètes ; profondeur imposée 33 km

48°01' N ± 3', 3°46' W ± 4' ; H = 05 h. 19 mn. 44,1 s. ± 0,5 s.

c) Tables Jeffreys-Bullen complètes ; profondeur non imposée

La profondeur calculée est h = 40 km ± 10 km

48°04' N ± 4', 3°46' W ± 8' ; H = 05 h. 19 mn. 45,0 s. ± 1,3 s.

*Interprétation géologique*

Bien que le calcul effectué par l'International Seismological Summary conduise à admettre un foyer superficiel, l'importance de la surface macrosismique fait penser, au contraire, que le foyer se trouve à la base de la croûte vers 40 km de profondeur. L'application de la formule classique de Gutenberg basée sur la valeur du rayon macrosismique R et sur l'intensité maximum  $I_0$  conduit avec les valeurs numériques R = 340 km et  $I_0 = 7$  à une profondeur de foyer de 41 km.

Par ailleurs l'épïcêtre macrosismique se place au voisinage même du grand accident tectonique de direction armoricaine qui s'étend de la Pointe du Raz à Nantes et dont le tracé a été reporté, avec ses ramifications, sur la carte figure 29. On peut penser que cet accident majeur intéresse toute l'épaisseur du socle armoricain ; d'origine hercynienne il a été rajeuni et l'activité sismique, non négligeable, qu'on observe sur son parcours, montre qu'il "joue" encore aujourd'hui.

111. - 4 janvier 1959 à 02 h. 57 mn. - Bretagne : 48°0 N, 4°0 W.

Une faible réplique du séisme précédent a été ressentie le 4 janvier 1959 à Combril et à La Forêt-Fouesnant ; ces deux localités encadrent l'épïcêtre indiqué pour la secousse principale. Cette réplique a été inscrite seulement par la station de Folinière (Pg : 02 h. 57 mn. 45,2 s).

112. - 16 janvier 1959 à 18 h. 09 mn, 7 s. - Roncourt (séisme artificiel) : 49°12' N, 6°01'54" E.

Séisme artificiel provoqué par l'effondrement d'une galerie dans la mine de fer de Roncourt (Moselle). L'ébranlement du sol a été ressenti à Roncourt, Montois, Amanvillers, St-Privat, Ste Marie-aux-Chênes ; la secousse a été très sensible aux étages supérieurs du building Ste-Barbe (19 étages) à Metz où un début de panique s'est produit.

Une étude microsismique a été publiée (E. Peterschmitt, Les enregistrements sismiques des effondrements spontanés du Bassin de Briey, Revue de l'Industrie Minière, avril 1962, vol. 44, n° 4, 19 pages). On trouvera dans cette publication la reproduction de plusieurs sismogrammes. Cette étude a mis en évidence les vitesses suivantes :

Onde Pg : vitesse 5,8 km/s      Onde Ph : vitesse 8,0 km/s

Heure initiale de l'effondrement : H = 18 h. 09 mn. 16,9 s.

113. - 19 février 1959 à 02 h. 13 mn. - Ille et Vilaine : vers 48°6 N, 2°0 W.

La presse locale a signalé que les habitants de la région de St-Malo et de Dinard ont entendu le 19 février 1959 vers 02 h. 15 mn. un fort bruit d'explosion s'accompagnant parfois d'une secousse.

Il n'a pas été fait d'enquête macrosismique.

La secousse a été enregistrée à Folinière (eP 02 h. 13 mn. 47,5 s.) et à Garchy (e 02 h. 15 mn. 16,5 s.).

Il est possible qu'il s'agisse d'une secousse analogue à celle du 17 novembre 1950 dont l'épicentre devait se trouver au voisinage de St-Malo (48°7 N, 2°1 W).

114. - 20 mars 1959 vers 05 h, 30 mn. - Basses-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°5 W.

Les observateurs des stations météorologiques d'Eyzus et de Buzy-en-Béarn (Basses-Pyrénées) signalent une secousse le 20 mars 1959 vers 5 h. 30 mn. Un épïcêtre au Sud d'Oloron-Ste-Marie est possible (voir secousse du 1<sup>er</sup> janvier 1959).

Il n'a pas été fait d'enquête macroséismique ; la secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires.

115. - 22 mars 1959 à 22 h. 36 mn. - Atlantique à l'Ouest de la Vendée, vers 46°7 N, 3°5 W.

Importante secousse, inscrite dans de nombreux observatoires et qui a été ressentie principalement le long des côtes françaises de l'Atlantique depuis la pointe du Raz en Bretagne jusqu'à l'embouchure de la Gironde.

Les intensités macroséismiques les plus élevées sont les suivantes :

*Finistère* : 5 à Langolen, 4 à Rosporden.

*Morbihan* : 5 à Etel et Houat, 4 à Locminé.

*Loire Maritime* : 5 à Nort s/Erdre, 4 à Châteaubriant.

*Ille et Vilaine* : 5 au Boussac, Chavagne, la Domineclais, Noyal s/Seiche, Pacé, St-Lunaire, St-Séglin, Taillis et Vieuxviel ; 4 à Baulon, Marcellé-Raoul, Mordelles et Ossé.

*Côtes-du-Nord* : 5 à Lanrivain, Trégomeur ; 4-5 à la Chapelle Neuve, 4 à Perros-Guirec.

*Charente-Maritime* : 5 à Berneuil, 4-5 à St-Germain-de-Marencennes.

*Vendée* : 4 à St-Gilles s/Vie et St-Urbain.

*Gironde* : 4 à St-Aubin-de-Médoc.

*Maine-et-Loire* : 4 à Champtoceaux.

La courbe limitant l'aire macroséismique est très irrégulière, son rayon mesure environ 190 km ; elle est jalonnée par les localités suivantes : Douarnenez (165 km) ; Morlaix (210 km) ; St-Brieuc (210 km) ; Dol (240 km) ; Redon (160 km) ; Châteaubriant (190 km) ; Nantes (155 km) ; La Roche-sur-Yon (150 km) ; Marans (195 km) ; Ile d'Oléron (195 km) ; on citera également Rennes (210 km).

Enquête macroséismique : 751 réponses dont 182 positives

Ce séisme a été inscrit dans une cinquantaine d'observatoires européens ainsi qu'à Resolute Bay (eP 22 h. 45 mn. 02 s., D = 5110 km) et à College (iP 22 h. 47 mn. 23 s., D = 7270 km) (voir le Bulletin mensuel du Bureau international de Séismologie, 1959, pp. 494-495) ; heure origine calculée H = 22 h. 36 mn. 41 s. ; l'épicentre indiqué par l'U.S. Coast and Geodetic Survey a pour coordonnées 46°1/2 N, 3°1/2 W. L'I.S.S. (1959, p. 196) donne pour épïcêtre un point de coordonnées 46°40' N, 3°32' W, H = 22 h. 36 mn. 36 s.

La calculatrice électronique de Strasbourg, utilisant les tables d'Haslach extrapolées et les tables Jeffreys-Bullen au delà de 20°, a fourni les résultats suivants (profondeur imposée : 20 km) :

46°41' N ± 4', 3°50' W ± 6' ; H = 22 h. 36 mn. 41,3 s. ± 0,9 s.

Le foyer se trouve dans l'Atlantique, sur le plateau continental, à environ 100 km à l'Ouest de l'île d'Yeu.

116. - 5 avril 1959 à 10 h. 48 mn. - Ubaye (Basses-Alpes) : 44°32' N, 6°47' E.

Très important séisme, le plus violent ressenti en France depuis la catastrophe de Provence du 11 juin 1909. La secousse a entraîné des dégâts notables, chiffrés à 200 millions de francs 1959 ; deux enfants ont été blessés par des chutes de pierres.

De nombreux articles ont été publiés, en particulier dans le "Méditerranéen" et le "Provençal", reproduisant des photographies des dégâts (murs effondrés, chutes de cheminées, lézards, chapelles endommagées, voiture défoncée, chutes de rochers, routes obstruées, etc.) et relatant la visite détaillée que le Préfet des Basses-Alpes a rendu à la vallée sinistrée.

Le séisme du 5 avril et les nombreuses répliques qui ont suivi ont provoqué une grande émotion dans la haute vallée de l'Ubaye. M. Paul Reynaud, ancien Président du Conseil et ancien conseiller général du canton de St-Paul, adressa par télégramme au Ministère de l'Intérieur une demande de subvention ; le gouvernement mit un crédit de 15 millions de francs à la disposition du Préfet pour indemniser les habitants victimes du séisme.

Une enquête détaillée a été faite par le Bureau central séismologique français ; sur un millier de questionnaires, 759 réponses ont été reçues, dont 187 seulement positives (figure 30). Des renseignements précis

ont été fournis par le Professeur Gidon, M. Lamoureux, Ingénieur des Ponts et Chaussées, M. Collier, archiviste du Département des Basses-Alpes et par la gendarmerie de Guillestre.

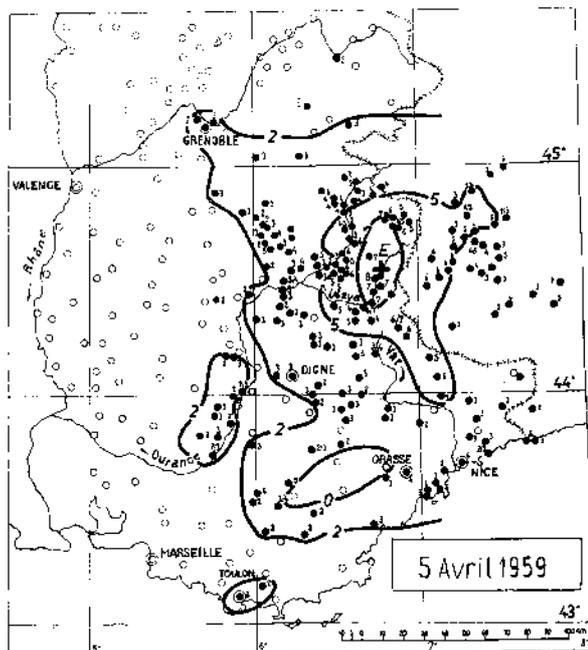


Fig. 30

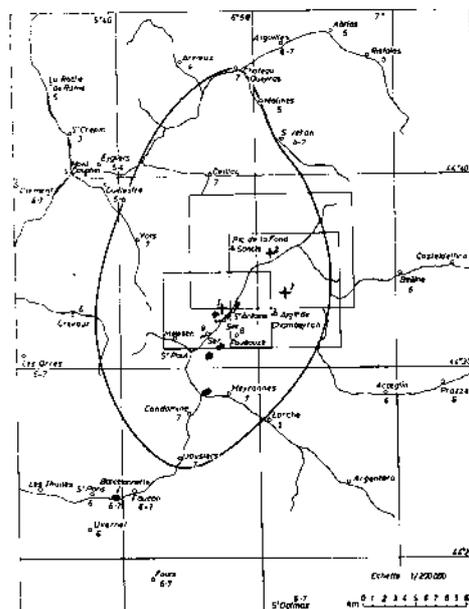


Fig. 31  
Zone épiscopentrale

On a noté les intensités suivantes :

**Basses-Alpes** : 8 à St-Paul d'Ubaye (des dégâts particulièrement importants dans les hameaux de Grande Serenne et Petite-Serenne, pignons effondrés, la chapelle des Glizolles trop endommagée a dû être démolie ; une partie de la voûte de l'église du chef-lieu est tombée ; 80 % des cheminées ont été abattues ; deux enfants gravement blessés par les chutes de cheminées ; une voiture automobile défoncée) ; 7 à Condamine-Châtelard (chutes de quelques cheminées, fissures dans les chambres ; pas de lézardes extérieures), 7 à Jausiers (chute de cheminées, lézardes, décolllements des plafonds), Meyronnes (chute de cheminées, fissures aux immeubles) ; 6-7 à Barcelonnette (chute de tuiles, de cheminées et de pierres d'immeubles en mauvais état), Faucon sur Ubaye (chute de plusieurs cheminées, fissures aux maisons et à l'église) ; Pours (chute de cheminées en mauvais état) ; 6 à Uvernet (fissure dans le mur de l'église), St-Pons.

**Hautes-Alpes** : 7 à Vars (cheminées tombées, murs abattus, plusieurs maisons lézardées par le séisme du 19 mars 1935 ont été à nouveau endommagées), Ceillac (chute de plâtras de la voûte de l'église, fissures et chute de briques dans beaucoup d'immeubles), Château-Ville-Vieille (chute de tuiles et de cheminées, lézardes à quelques immeubles, chute de la cheminée de l'école du hameau de Meyriès) ; 6-7 à Aiguilles (une voûte et un plafond fissurés), Châteauroux (quelques lézardes et chute de cheminées), Les Orres (chute de 2 vieilles cheminées ; une partie du clocher de la chapelle a été endommagée), St-Sauveur (murs lézardés) ; St-Véran (élargissement de fissures à la voûte de l'église), Crévoux (chute de tuiles et de pierres de cheminées), St-Clément (murs lézardés à l'école du hameau des Traverses) ; 5-6 à Guillestre (sonnerie de pendules, chute de blocs sur la R.N. 202 entre Montgovie et la Maison du Roi), Prunières (petites fissures).

**Alpes-Maritimes** : 6-7 à St-Dalmas-le-Sclvage (chute de tuiles, de cheminées, tintement de sonnettes), 6 à St-Etienne de Tinée (chute d'une dalle de pierre).

**Italie** : 6 à Acceglio, Bellino, Prazzo et Stroppa.

La zone d'intensité 5 est relativement peu étendue eu égard à l'intensité maximum de la secousse (rayon : 40 km) ; on donnera ici la liste des communes où cette intensité a été observée :

Larche, Ménilans (Basses-Alpes) ; Eyglies, Abrisès, L'Argentière, Baratier, Clémence d'Ambel Les Crottes, Embrun, Guillaume Peyruse, Mont-Dauphin, Réotier, Risoul, Ristolas, La Roche de Rame, St-André d'Embrun, St-Chaffrey, Champcella, Cervières, Molines (Hautes-Alpes), Bairols, Isola, Mougins, Le Cannet, St-Sauveur (Alpes-Maritimes), Aups (Var).

En Italie on a noté 5-6 à Pinerolo (Torino) et l'intensité 5 dans plusieurs communes de la province de Cuneo : Rossana, Mondovì, Oncino, Revello, Rifredio, Ostana, Manta, Cardi, Vignolo, Paesana, Macra,

Comme on l'avait déjà observé lors des séismes du 19 mars 1935 et du 18 juillet 1938 (voir J.P. Rothé, La Séismicité des Alpes occidentales, Annales Inst. Phys. Globe Strasbourg, 3<sup>e</sup> partie Géophysique, t. 3, p. 5-6) l'intensité a rapidement diminué vers l'Ouest, et le Dévoluy n'a pas ressenti la secousse.

Le rayon de la surface macroséismique est d'environ 100 km ; celui de l'isoseïste 5 de 40 km environ.

#### Effets sur le terrain et sur les sources

Le rapport de l'ingénieur des Ponts et Chaussées mentionne trois zones où des chutes de rochers se sont produites :

1/ aux abords du pont du Chatelet plusieurs blocs de 1 à 2 m<sup>3</sup> sont tombés sur le chemin vicinal de Fouillouze.

2/ Le chemin vicinal de Maurin a été obstrué par de nombreux blocs vers le tunnel au-delà du hameau de St-Antoine.

3/ Sur la route nationale 100 d'intenses chutes de pierres se sont produites au quartier de la "Rochaille".

Le Professeur Gidon a observé les effets suivants :

1/ chute de pierres sur les pentes de la montagne du Pévoux au Nord-Nord-Est de Serennes.

2/ A la chapelle St-Antoine, un énorme bloc anciennement éboulé a subi un véritable éclatement.

3/ En plusieurs points (métairies du Pinet, sous le col de Mirandol, et Meyres de Bouchiers, abords du village du Mélezen entre St-Paul et le Col de Vars) se sont ouvertes des crevasses avec des dénivellations atteignant 1,5 m et se suivant sur plusieurs centaines de mètres avec une direction préférentielle N 45° W ; ces crevasses n'affectaient que les alluvions et non le rocher, le séisme ayant provoqué un petit glissement de terrain des alluvions glaciaires détrempées par la fonte des neiges par rapport à leur substratum rocheux assez argileux lui-même.

Le garde-champêtre de Vars a signalé que deux sources du village sont restées troublées pendant 8 jours. Dans la commune de St-Paul, la fontaine du hameau de St-Antoine serait devenue tiède à la suite des secousses ("Le Méridional", 24 avril 1959).

D'après les observations macroséismiques et, en particulier, d'après la localisation des effets sur le terrain, l'épicentre est situé dans la haute vallée de l'Ubaye, au voisinage du hameau de la Grande Serenne (44°32' N, 6°47' E), un peu au Sud de l'épicentre qui avait été calculé pour le séisme du 18 juillet 1938 (44°37' N, 6°47'). Comme celui de 1938 le foyer de 1959 appartient à l'arc séismique briançonnais décrit par J.P. Rothé dans la publication citée ci-dessus.

La région épicertrale a fait l'objet d'une étude géologique récente (Maurice Gidon, La zone briançonnaise en Haute-Ubaye (Basses-Alpes) et son prolongement au Sud-Est, Mémoires pour servir à l'explication de la Carte Géologique de la France, un volume, Paris, 1962, 271 pages, coupes et cartes).

La zone briançonnaise en Haute-Ubaye montre une tectonique de surface complexe avec de nombreux replis de nappes. Plusieurs grandes failles longitudinales sont peut-être le contrecoup de la surrection des massifs cristallins externes. M. Gidon pense que le séisme du 5 avril 1959 est du à un mouvement de cisaillement dans le plan horizontal le long de la grande faille longitudinale du Ruburent dont la direction N 45° W est celle des crevasses observées en surface (*loc. cit.*, p. 239).

#### Etude microséismique

Le séisme, dont la magnitude a été évaluée à 5,5 par la station d'Uppsala et à 5 1/4 par la station de Prague, a été inscrit dans de très nombreuses stations jusqu'à Pasadena à près de 10000 km de distance et dans quelques stations australiennes (voir Bulletin mensuel du B.C.I.S., 1959, pp. 579-580), L'I.S.S. (1959, pp. 223-224) donne les coordonnées suivantes : 44°37' N, 6°51' E, H = 10 h. 47 mn. 53 s., h = 0 km.

Plusieurs calculs ont été effectués à Strasbourg en utilisant le programme électronique. On donnera ici les principaux résultats :

A) en utilisant les heures d'arrivée de l'onde Pn en 81 stations, avec les tables d'Haslach entre 0° et 20° et les tables Jeffreys-Bullen aux distances supérieures à 20°, on a obtenu les coordonnées suivantes :

Profondeur imposée : surface ; H = 10 h. 47 mn. 54,0 s. ± 0,4 s.

44°33' N ± 2'                      6°47' E ± 4'

B) en utilisant les heures d'arrivée de l'onde Pn en 35 stations dont les distances à l'épicentre sont supérieures à 16° et les tables Jeffreys-Bullen :

h = 36 km ± 29 km                      H = 10 h. 47 mn. 58,0 s. ± 3,2 s.

44°36' N ± 4'                      6°51' E ± 7'

C) en utilisant les heures d'arrivée de l'onde Pn en 38 stations proches (distance inférieure à 10°) et les tables d'Haslach :

Profondeur imposée : surface ; H = 10 h. 47 mn. 55 s. ± 0,6 s.

44°34' N ± 3'      6°52' E ± 4'

L'épicentre A est le plus satisfaisant et coïncide pratiquement avec l'épicentre macroséismique. On notera que la distance maxima entre les 3 épicentres calculés ci-dessus est seulement de 7 km. Sur la carte figure 31 on a indiqué la position des épicentres calculés, les intensités observées dans les différents villages de la zone épicentrale, ainsi que, en hachures, les zones où M. Gidon a cartographié des éboulements, des crevasses et des chutes de rochers. Les différentes données utilisées pour le calcul A sont reproduites ci-dessous :

*Épicentre microséismique* : 44°33' N, 6°47' E ; H = 10 h. 47 mn. 54,0 s.

D	Station	Phase Pn	Résidu O-C	Deuxième phase
106 km	Monaco	10 h. 48 mn. 11,7 s. (Pg)	-	Sg 10 h. 48 mn. 24 s.
151	Oropa	15,5 s. (Pg)	-	Sg 35,5 s.
177	Marseille	23 s.	0,66	Sg 44 s.
201	Pavia	25 s.	-0,21	Pg 30 s.
272	Neuchâtel	34,8 s.	0,85	Pg 40 s.
319	Clermont	39,7 s.	0,04	Sn 49 mn. 14,2 s.
333	Chur	42 s.	0,68	S 25,7 s.
338	Basel	42,5 s.	0,60	Sg 34 s.
352	Prato	44,1 s.	0,57	Pg 48 mn. 51,1 s.
360	Bologna	46 s.	1,33	Pg 55,2 s.
367	Firenze Xim	44 s.	-1,44	Sn 49 mn. 41 s.
419	Garchy	52,5 s.	0,63	Pg 04,0 s.
420	Ravensburg	53 s.	1,03	(Sg) 50 mn. 00,0 s.
436	Messstetten	54 s.	0,01	(Sg) 02,8 s.
459	Strasbourg	57,2 s.	0,82	Pg 49 mn. 11,4 s.
475	Tübingen	58,5 s.	-0,22	(Sg) 50 mn. 24,3 s.
504	Stuttgart	49 mn. 02,2 s.	-0,07	Pg 49 mn. 19,0 s.
505	Cuglieri	48 mn. 52 s.	-10,50	Sn 40 s.
528	Tolmezzo	49 mn. 03,5 s.	-1,69	Pg 20,5 s.
561	Trieste	09,5 s.	0,30	Sg 50 mn. 39 s.
575	Paris	12,5 s.	2,45	Sn 09 s.
714	Bensberg	30 s.	2,20	Sg 51 mn. 15 s.
718	Uccle	30 s.	1,68	Sn 50 mn. 44 s.
727	Folinière	29,8 s.	0,44	
735	Zagreb	37 s.	6,55	
745	Cheb	25 s.	-6,65	Sn 40,5 s.
793	Jersey	45 s.	7,43	
796	Iena	42 s.	4,02	Sn 51 mn. 01 s.
842	Pruhonice	44 s.	0,56	Sn 10 s.
843	Wien	44 s.	0,44	Sn 07 s.
843	Praha	48 s.	4,51	Sn 12 s.
864	Halle	43 s.	-3,01	Pg 50 mn. 15 s.
882	Collnberg	45 s.	-3,46	Pg 21 s.
889	Bratislava	49 s.	-0,20	Sn 51 mn. 18 s.
918	Alger	53,7 s.	0,91	Sn 20,5 s.
933	Kew	56 s.	1,45	(Sn) 32 s.
970	Taranto	40 s.	-19,11	Sn 30 s.
1 016	Messina	50 mn. 10,7 s.	6,05	Sn 52 mn. 05 s.
1 032	Toledo	09 s.	2,33	Sn 51 mn. 49 s.
1 057	Raciborz	07 s.	-2,72	S 52 mn. 01 s.
1 110	Relizane	16,8 s.	0,65	S 51 mn. 58,4 s.
1 282	Malaga	43 s.	5,89	S 53 mn. 00 s.
1 353	Warsaw	51 s.	5,24	S 05 s.
1 361	Rathfarnham	51 mn. 01 s.	14,27	i 52 mn. 36 s.
1 428	Lvov	50 mn. 58 s.	3,12	S 53 mn. 29 s.
1 590	Athènes	51 mn. 20 s.	5,30	e 51 mn. 50 s.
1 850	Istanbul T. U.	49 s.	2,57	S 55 mn. 03 s.
1 851	Uppsala	49 s.	2,31	S 07 s.
2 134	Nurmijaervi	52 mn. 21 s.	0,38	
2 147	Skalstugan	23 s.	1,07	i 53 mn. 08 s.
2 153	Simféropol	22 s.	-0,61	i 29 s.
2 413	Tamanrasset	49 s.	0,12	PP 13 s.
2 501	Moscou	53 s.	-3,75	
2 714	Kiruna	53 mn. 16 s.	0,56	
2 760	Ksara	21 s.	1,52	S 57 mn. 44 s.
2 842	Jerusalem	28 s.	1,50	(S) 58 mn. 07 s.
2 998	Apatity	35 s.	-4,37	

D	Station	Phase Pn	Résidu O-C)	Deuxième phase
3 079 km	Tbilissi	10 h. 53 mn. 45 s.	-1,09	
3 241	Makhatchkala	54 mn. 00 s.	0,76	S 10 h. 58 mn. 51 s.
4 473	Kheis	55 mn. 35 s.	0,56	
4 856	Thule	56 mn. 00 s.	-2,64	e 57 mn. 37 s.
4 990	Addis Ababa	13 s.	0,60	
5 428	Quetta	40 s.	-3,43	S 11 h. 03 mn. 46 s.
5 475	Binza	44 s.	-2,61	
5 537	Warsak	48 s.	-2,99	
5 616	Resolute	55 s.	-1,29	S 04 mn. (18) s.
5 618	Lwiro	53,9 s.	-2,58	e 10 h. 58 mn. 55 s.
5 692	Astrida	58,6 s.	-2,85	e 18,6 s.
5 788	Karachi	57 mn. 06 s.	-2,07	
6 556	Karavia	58 s.	0,06	PP 11 h. 00 mn. 07 s.
7 148	Yakoutsk	58 mn. 29 s.	-4,84	
7 249	San Juan	35 s.	-4,75	
7 682	College	59 mn. 02 s.	-2,30	
7 687	Shillong	00 s.	-4,63	
8 005	Rapid City	19 s.	-2,90	
8 308	Kimberley	36 s.	-1,85	
8 345	Butte	39 s.	-0,74	
9 085	Eureka	11 h. 00 mn. 15 s.	-1,11	
9 332	Boulder City	28 s.	0,41	
9 415	Tucson	30 s.	-0,37	
9 566	Mont Hamilton	40 s.	1,83	
9 675	Pasadena	41 s.	-1,98	
14 930	South Pole	07 mn. 14 s.		PKP
15 395	Charters Towers	19 s.		PKP
16 306	Terre Adélie	35 s.		PKP
16 455	Melbourne	41 s.		PKP
16 645	Camberra	47,5 s.		PKP

Répliques

De nombreuses répliques ont été ressenties et enregistrées. Les principales sont indiquées dans le tableau suivant :

1959	N <sup>(1)</sup>	inscription à Monaco
5 avril	8	iPg 11 h. 01 mn. 27,0 s. iSg 11 h. 01 mn. 39,5 s.
5 avril	9	iPg 15 h. 22 mn. 27 s. iSg 15 h. 22 mn. 39 s.
6 avril	1	iPg 00 h. 21 mn. 31 s. iSg 00 h. 21 mn. 44,5 s.
11 avril	1	ePg 22 h. 32 mn. 32 s. iSg 22 h. 32 mn. 44,5 s.
18 avril	1	i 15 h. 42 mn. 18 s. i 15 h. 42 mn. 21 s.
19 avril	26	iPg 21 h. 28 mn. 21,5 s. iSg 21 h. 28 mn. 35 s.
22 avril	10	iPg 20 h. 34 mn. 48 s. iSg 20 h. 35 mn. 02 s.
24 avril	12	iPg 17 h. 48 mn. 59 s. iSg 17 h. 49 mn. 14 s.
6 juin	1	iPg 22 h. 43 mn. 24,5 s. iSg 22 h. 43 mn. 37,5 s.
9 juin	1	iPg 08 h. 56 mn. 17 s. iSg 08 h. 56 mn. 30 s.
17 juillet	26	iPg 13 h. 16 mn. 54 s. iSg 13 h. 17 mn. 08,0 s.

(1) Nombre de stations ayant enregistré la secousse.

A St-Paul il y a eu au moins 10 secousses entre le 5 et le 11 avril. Les répliques ont en général été ressenties seulement dans la zone épiscopale dans les hameaux de la commune de St-Paul, à Vars et à la Condamine. La secousse du 5 avril à 15 h. 22 mn. a été signalée à la Condamine et à Digne ; celle du 19 avril à 21 h. 28 mn., forte à St-Paul, a été ressentie à Vars, Larche, La Condamine, Barcelonnette ; celle du 22 avril à 20 h. 34 mn. a été très sensible dans la région de St-Paul.

Le garde-champêtre de Vars a signalé de nombreuses "explosions souterraines à peu près semblables au tir d'un obus" entre le 6 et le 19 avril et plusieurs secousses le 24 avril à 17 h. 48 mn., le 26 avril vers 22 heures et le 27 avril vers 2 h. et 5 h.

La réplique du 28 janvier 1960 à 14 h. 34 mn. sera étudiée plus loin.

117. - 25 mai 1959 à 10 h. - Pas de Calais : 50°27' N, 2°45' E.

D'après la presse une forte secousse accompagnée d'un bruit sourd a été ressentie le 25 mai à Liévin. Cette secousse artificielle a été provoquée par un éboulement qui s'est produit dans les Houillères du Bassin du Nord et du Pas de Calais.

Le choc n'a pas été ressenti au fond ; il a été sensible en surface, la zone affectée mesurant environ 250 m de longueur sur 100 m de largeur ; au moment de l'accident, l'exploitation se poursuivait dans la veine Céline à environ 700 m de profondeur.

On pense que la secousse a pu être provoquée par la rupture brutale d'un important massif rigide décollé au cours de l'exploitation antérieure ; ce massif, à une assez faible profondeur (dans le houiller renversé ou dans le siluro-dévonien), se serait brutalement rompu.

118. - 17 juillet 1959 à 13 h. 16 mn. 36 s. - Hautes-Alpes : 44°6 N, 6°8 E.

Réplique du séisme du 5 avril 1959, qui a été ressentie dans la région épicertrale du séisme principal.

On a noté les intensités suivantes :

*Hautes-Alpes* : - 6 à Vars (chute de tuiles, fissures et cheminées lézardées), 4 à Châteauroux, 3 à Ceillac, Crévoux, aux Crottes et à Risoul, 2 à Château-Ville-Vicille, Guillestre et Embrun.

*Basses-Alpes* : - 5 à Condamine-Châtelard et Saint-Paul, 4 à Faucon s/Ubaye, 3 à Larche.

Enquête macroséismique : 48 réponses dont 13 positives.

Le séisme a été inscrit dans de nombreux observatoires (voir bulletin mensuel du Bureau International de Séismologie, 1959, p. 1320 ; H = 13 h. 16 mn. 36 s.

119. - 10 août 1959 à 14 h. 58 mn. - Savoie : 45°5 N, 6°6 E.

L'enquête macroséismique (61 réponses dont 13 positives) conduit à un épicertré dans la région de Moutiers (45°5 N, 6°5 E). On a noté les intensités suivantes : 5 aux Avanchers, 4 à Doucy-Tarentaise et Moutiers, 3 aux Allues, au Bois, à la Chambre, Feissons sur Isère, Modane, Mont-Denis, St-Martin-de-Belleville, Orelle, 2-3 à Aussois, 2 à St-Avre. Le rayon de la surface macroséismique est d'environ 20 km.

L'étude microséismique confirme l'épicertré macroséismique. Les distances indiquées sont comptées à partir de Moutiers (45°5 N, 6°5 E).

172 km	Neuchâtel	iPg	14 h. 58 mn. 14,4 s.	iSg	14 h. 58 mn. 36 s.
206	Monaco	eFn	14 h. 58 mn. 15,5 s.	iSg	14 h. 58 mn. 44 s.
206	Monaco	iPg	14 h. 58 mn. 19 s.		
242	Basel	eFn	14 h. 58 mn. 17,3 s.	eSg	14 h. 58 mn. 52 s.
170	Clermont	eFn	14 h. 58 mn. 27,5 s.	iSg	14 h. 58 mn. 02,5 s.
270	Clermont	ePg	14 h. 58 mn. 32,5 s.		
276	Chur	iPg	14 h. 58 mn. 32,9 s.	iSg	14 h. 59 mn. 06,8 s.
335	Garchy	eFn	14 h. 58 mn. 32 s.	iSg	14 h. 59 mn. 20,7 s.
353	Messstetten	ePg	14 h. 58 mn. 46 s.	eSg	14 h. 59 mn. 28 s.
356	Strasbourg	c	14 h. 59 mn. 37 s.	e	15 h. 00 mn. 15 s.
388	Tübingen	eSg	14 h. 59 mn. 38 s.	e	14 h. 59 mn. 46 s.
417	Stuttgart	ePg	14 h. 58 mn. 56 s.	eSg	14 h. 59 mn. 47 s.
610	St-Sauveur	iPn	14 h. 59 mn. 06,3 s.		
644	Folinière	iPn	14 h. 59 mn. 10 s.		

L'heure origine calculée est H = 14 h. 57 mn. 45 s. ; d'après l'interprétation ci-dessus, la vitesse des ondes Pg est voisine de 5,9 km/s., celle des ondes Sg de 3,45 km/s.

L'épicertré indiqué dans le bulletin du B.C.I.S. (1959, p. 1479) est légèrement inexact (45°7 N, 6°8 E).

La région de Moutiers appartient à "l'arc séismique briançonnais" ; elle est connue pour son activité séismique. On rappellera ici les secousses du 22 septembre 1847, du 13 février 1855, du 13 mai 1856, du 23 juin 1863, du 13 février, du 26 mars et du 23 septembre 1865, du 28 septembre 1902, du 21 janvier 1905, du 15 mai 1910. Toutes ces secousses ont leur foyer dans la région même de Moutiers ou un peu plus au Sud vers St-Martin et Belleville et St-Laurent de la Côte, localités situées au voisinage de la zone houillère briançonnaise.

120. - 4 septembre 1959 à 08 h. 36 mn. - Fossé rhénan : 48°23' N, 7°43' E.

L'épicertré macroséismique (48°23' N, 7°43' E) est situé dans le fossé rhénan dans la région de Gerstheim, presque exactement sous le cours du Rhin à une trentaine de km au SE de Strasbourg. Quelques dégâts ont été observés dans le département du Bas-Rhin (figure 32).

On a noté les intensités suivantes : 7 à Gerstheim (28 cheminées endommagées, soit 3 % du nombre total des cheminées du village) ; 6-7 à Boofzheim (3 cheminées endommagées), Obenheim (2 cheminées endommagées), Rhinau (1 cheminée endommagée, lézardée dans une maison assez vétuste) ; 5-6 à Huttenheim (2 cheminées auraient été endommagées), Erstein (1 seule cheminée en partie endommagée).

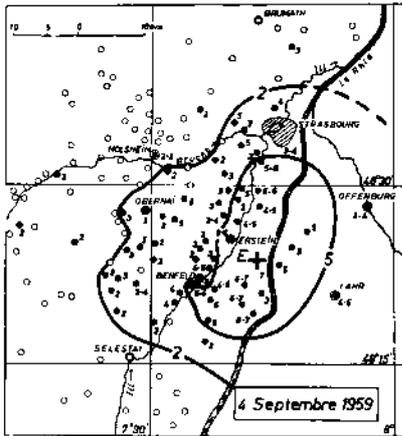


Fig. 32

Enquête macroséismique : 558 réponses dont 55 positives ; R = 22 km ; r<sub>3</sub> = 11 km.

Dans le pays de Bade, le séisme a été ressenti : 5 à Ichenheim, Kappel am Rhein, Meissenheim, Ottenheim ; 4-5 à Lahr, etc. (Voir : G. Schneider, Die Erdbeben in Baden-Württemberg, 1955-1962, Stuttgart 1964).

On notera qu'un fort bruit analogue à celui d'une détonation a été perçu exactement au moment des vibrations ou peut-être légèrement avant celles-ci. Ce séisme a été inscrit dans 28 stations (voir le Bulletin mensuel du Bureau International de Séismologie, 1959, p. 1696-1697).

L'heure origine calculée est H = 08 h. 36 mn. 53 s. G. Schneider indique une magnitude de 3,4 (valeur probablement trop faible) et une profondeur de foyer de 7 km.

Les vitesses suivantes ont été définies :

V (Pn) = 8,1 km/s. ; V (Pg) = 5,95 km/s. ; V (Sg) = 3,5 km/s.

La calculatrice électronique de Strasbourg a fourni les résultats suivants :

- a) Tables d'Haslach, ondes Pn et Pg ; profondeur imposée : surface ;  
48°20' N ± 2' ; 7°46' E ± 3' ; H = 08 h. 36 mn. 52,6 s. ± 0,5 s.
- b) Tables d'Haslach, ondes Pg et Sg ; profondeur imposée : surface  
48°26' N ± 2' ; 7°46' E ± 2' ; H = 08 h. 36 mn. 54,0 s. ± 0,6 s.
- c) Tables d'Haslach, onde Sg ; profondeur imposée : surface  
48°27' N ± 2' ; 7°50' E ± 4' ; H = 08 h. 36 mn. 55,6 s. ± 1,2 s.

Le calcul b) est celui dont les résultats concordent le mieux avec l'épicentre macroséismique (48°23' N, 7°43' E) et avec la détermination donnée par la station de Stuttgart (48°23' N, 7°44' E).

Interprétation géologique

- La région de Gerstheim présente une certaine activité séismique. On peut citer les séismes suivants :
  - 19 janvier 1897 à 23 h. 04 mn. : 48°22' N, 7°46' E, ressenti à Daubensand (4 km S de Gerstheim) et 4-5 à Lahr
  - 9 août 1934 à 22 h. 56 mn. : 48°4' N, 7°7' E, ressenti 4 à Erstein et Benfeld ; voir la carte macroséismique dans J. P. Rothé, les tremblements de terre en France en 1934, *Annuaire Inst. Phys. Globe de Strasbourg*, 1934, p. 91. Fiedler donne comme épicentre le point de coordonnées 48°21' N, 7°38' E, au voisinage de Herbsheim, à 6 km au SE de Gerstheim.
  - 12 septembre 1934 à 20 h. 50 mn. : 48°4' N, 7°7' E, ressenti 5 à Erstein, Osthouse et Nordhouse, 4 à Gerstheim, etc. ; voir la carte macroséismique dans : J. P. Rothé, *loc. cit.*, p. 91. Fiedler donne le même épicentre que pour la secousse du 9 août 1934.
  - 21 septembre 1934 à 19 h. 50 mn. ; secousse faiblement ressentie à Friesenheim, Herbsheim et Geispolsheim ; il s'agit probablement d'une réplique des deux séismes précédents.
  - 2 mai 1961 à 07 h. 56 mn. ; ressenti 5 à Gerstheim et plus faiblement à Rhinau. Epicentre aux environs de Gerstheim (48°23' N, 7°43' E).

Les prospections gravimétriques et séismiques ont montré que le fossé présente une série d'ondulations transversales (de direction hercynienne ?) : la région d'Erstein constitue un "seuil", zone dans laquelle les terrains secondaires (jurassique moyen) sont en position haute ; de nombreuses failles de direction rhénane morcellent le fossé. L'activité séismique de la région de Gerstheim est peut-être liée à l'existence en profondeur du "seuil d'Erstein". Cette zone séismique se prolonge en territoire badois dans la région de Lahr et d'Offenbourg. L'épicentre de l'important séisme du 3 août 1728, dont le souvenir est commémoré par une inscription sur la tour de la cathédrale de Strasbourg et qui fit des dégâts entre Kehl et Kenzingen, en particulier à Mahlberg (48°17' N, 7°48' E) appartient probablement à la même zone.

121. - 24 septembre 1959 à 05 h. 36 mn. - Vendée : 47°0 N, 2°3 W.

La secousse a été inscrite dans les stations suivantes :

240 km	Folinière	ePn	05 h. 36 mn. 08,5 s.	iPg	05 h. 36 mn. 13,0 s.
240	St-Sauveur	ePn	05 h. 37 mn. 08,8 s.	iPg	05 h. 36 mn. 13,2 s.
430	Clermont	i	05 h. 37 mn. 38,5 s.	iPg	05 h. 37 mn. 40 s.
750	Basel	e	05 h. 38 mn. 07,3 s.	e(Sg)	05 h. 39 mn. 14 s.
700	Neuchâtel	e	05 h. 38 mn. 51,8 s.	e(Sg)	05 h. 38 mn. 59 s.
770	Strasbourg	ei	05 h. 39 mn. 31 s.	ei	05 h. 39 mn. 50 s.
840	Monaco	e(Sg)	05 h. 39 mn. 38,5 s.		

L'étude microsismique a conduit à admettre un épicentre voisin de l'île de Noirmoutier (47°0 N, 2°3 W) avec une heure origine H = 05 h. 35 mn. 35 s.

Un seul renseignement macrosismique (carte E.C.M.) est parvenu au Bureau Central : la secousse a été ressentie avec l'intensité 4 dans toute l'île de Noirmoutier (Vendée) et en particulier au phare de la Pointe des Dames. D'autre part, selon la presse, elle a été ressentie à Nantes et Pornichet. Il n'a pas été fait d'enquête macrosismique.

122. - 30 septembre 1959 vers 16 h. 50 mn. - Isère : 45°4 N. 5°4 E.

D'après la presse une secousse violente a été ressentie le 30 septembre vers 16 h. 50 mn. dans les "Terres Froides" au Grand-Lemps, à Colombe et à Apprieu. Il n'y a pas eu de dégâts mais les vitres ont violemment vibré, les maisons ont été ébranlées et les portes se sont ouvertes.

Cette secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires. L'épicentre macrosismique (45°4 N, 5°4 E) se trouve légèrement à l'est de ceux des séismes du 5 mars 1939 (45°25' N, 5°18' E), du 10 août 1941 (45°25' N, 5°17' E) et du 12 février 1942 (45°30' N, 5°19' E). Nous avons déjà signalé (voir : "Séismicité de la France de 1940 à 1950" par J.P. Rothé et N. Dechevoy, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, T. VII, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, Le Puy, 1954, p. 30) que ces foyers séismiques sont sans doute en rapport avec un accident tectonique profond, limitant à l'Est le Bassin de Beaurepaire et passant par Romans, la Côte St-André et la Tour du Pin.

L'enquête macrosismique a permis de noter les intensités suivantes : 5 à Apprieu, Eydoche et St-Blaise-du-Buis, 4-5 à la Buisse et à St-Michel-de-St-Geoirs, 4 à Chabons, le Grand-Lemps et la Murette, 3 à Brézins, Longechenal, le Pin, Renage, Rives, 2 à Futilieu.

La surface où l'intensité 5 a été atteinte est séparée en deux zones distinctes. L'épicentre macrosismique semble se trouver au SW du lac du Paladru, dans la région du Grand-Lemps.

Enquête macrosismique : 90 réponses dont 15 positives ; R = 10 km environ.

123. - 29 octobre 1959 à 02 h. 30 mn. - Basses-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°4 W.

Une secousse a été ressentie avec l'intensité 5 à Louvie-Juzon (43°1 N, 0°4 W) le 29 octobre 1959 vers 02 h. 30 mn. Cette secousse n'a pas été inscrite dans les observatoires et il n'a pas été fait d'enquête macrosismique.

124. - 30 octobre 1959 entre 21 h. et 22 h. - Basses-Pyrénées : vers 43°1 N, 0°4 W.

Deux autres secousses ont été ressenties avec l'intensité 5 à Louvie-Juzon (43°1 N, 0°4 W) le 30 octobre 1959 à 21 h. 20 mn. et à 22 h. 10 mn. On ne possède pas d'autres renseignements macrosismiques.

125. - 4 novembre 1959 à 05 h. 03 mn. - Piémont : 44°4 N, 7°3 E.

Séisme originaire d'Italie ayant son foyer sur l'arc séismique piémontais. La secousse a été inscrite dans les stations suivantes :

30 km	Isola	iPg	05 h. 03 mn. 21,9 s.	iSg	05 h. 03 mn. 25,4 s.
75	Monaco	iPg	05 h. 03 mn. 29 s.	eSg	05 h. 03 mn. 38,5 s.
190	Neuchâtel	ePg	05 h. 04 mn. 03,8 s.	eSg	05 h. 04 mn. 40 s.
360	Clermont	e(Sg)	05 h. 05 mn. 29 s.		
	Stuttgart	e	05 h. 05 mn. 29 s.	e	05 h. 05 mn. 52 s.

L'unique renseignement macrosismique provient d'Isola où la secousse a été ressentie avec l'intensité 5. Il n'a pas été fait d'enquête macrosismique.

126. - 11 novembre 1959 à 03 h, 24 mn. - Ain : 45°47' N, 5°41' E.

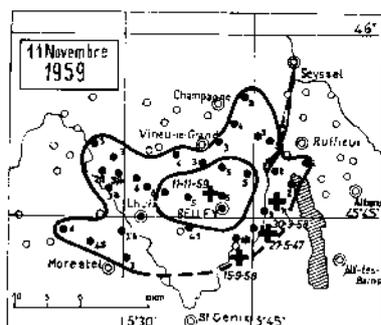


Fig. 33

La secousse a été ressentie dans une partie du département de l'Ain et dans quelques communes de Savoie et de l'Isère (figure 33).

Dans l'Ain, l'intensité maximum (5) a été observée à Belley (choc brusque ressemblant à une explosion lointaine), Cuzieu, Chazey-Bons, Flaxieu, Marchamp, et St-Germain les Paroisses ; on a noté l'intensité 4-5 à Colomieu et Virignin ; 4 à Artemare, Lompnas et Rossillon.

Dans la Savoie on a signalé l'intensité 5 à Vions et dans l'Isère on a noté 4-5 à Arandon, 4 à Courtenay.

L'épicentre macroséismique (45°47' N, 5°41' E) est situé à 5 km au Nord de Belley. Ce séisme comme celui du 27 mai 1947 (45°44' N, 5°47' E), dont l'épicentre se trouvait à quelques kilomètres au SE, appartient à la tectonique jurassienne dans une région où l'arc du Jura vient buter contre les chaînes subalpines. Il faut également signaler les deux épicentres très voisins des séismes du 30 mars 1958 (voir plus haut N° 95) et du 15 septembre 1958 (voir plus haut N° 102).

Enquête macroséismique : 69 réponses dont 32 positives ; R = 14 km ;  $r_3$  = 6 km,

La secousse a été inscrite dans plusieurs observatoires ; les distances ont été indiquées par rapport à l'épicentre macroséismique.

167 km	Neuchâtel	iPg	03 h, 24 mn, 36,8 s.	iSg	03 h, 24 mn, 56 s.
201	Clermont	i(Sg)	03 h, 25 mn, 11,5 s.	i	03 h, 25 mn, 14 s.
208	Isola	iPn	03 h, 24 mn, 43,0 s.	iSg	03 h, 25 mn, 07,9 s.
243	Basel	i	03 h, 24 mn, (39,3 s.)		
261	Garehy	ePg	03 h, 24 mn, 50 s.	iSg	03 h, 25 mn, 23,3 s.
538	St-Sauveur	iPn	03 h, 25 mn, 23,7 s.		
572	Folinière	iPn	03 h, 25 mn, 23,7 s.		
576	Gorron	iPn	03 h, 25 mn, 27,1 s.		

L'heure origine calculée est H = 03 h, 24 mn, 09 s.

La calculatrice électronique de Strasbourg utilisant les phases Pn et Sg indiquées ci-dessus, a fourni un résultat très concordant avec l'épicentre macroséismique :

45°48' N  $\pm$  4', 5°44' E  $\pm$  7' ; H = 03 h, 24 mn, 09,8 s.  $\pm$  1,8 s.

127. - 14 novembre 1959 à 17 h. - Hautes-Pyrénées ; vers 43°1' N, 0°0.

L'observateur du poste météorologique de Lourdes (Hautes-Pyrénées) signale une secousse ressentie avec l'intensité 3 à Lourdes le 14 novembre 1959 à 17 h. Cette secousse non inscrite dans les observatoires a fait l'objet d'une petite enquête macroséismique (19 réponses dont 2 positives) ; la secousse n'a été signalée qu'à Jarret (int. 5) et à Lourdes.

128. - 19 novembre 1959 à 21 h, 21 mn. - Provence : 43°30' N, 5°25' E.

Faible secousse ressentie en Provence et inscrite à

25 km	Marseille	ei(Sg)	21 h, 12 mn, 22,5 s.	i	21 h, 12 mn, 30 s.
155	Isola	eiPg	21 h, 12 mn, 41,9 s.	iSg	21 h, 13 mn, 01,1 s.
165	Monaco	iPg	21 h, 12 mn, 43,5 s.	i(Sg)	21 h, 13 mn, 04 s.

L'enquête macroséismique (43 réponses dont 6 positives ; R = 10 km) a permis de noter les intensités suivantes : 3 à Aix-en-Provence, Eguilles, Simiane et Tholonet ; 2-3 à Rouc-Bel-Air, 2 à la Fare.

D'après ces données, l'épicentre pourrait se trouver vers 43°5' N, 5°25' E, à 30 km au Nord de Marseille. Il est donc très voisin de celui du séisme du 4 juin 1948. Une origine artificielle doit être exclue, la Société des Houillères de Provence nous ayant informés qu'il ne s'agissait pas d'un coup de toit dans le bassin de lignite de Gardanne.

129. - 14 décembre 1959 à 04 h. 48 mn. - Creuse : 46°3 N, 1°5 E.

L'observateur du poste météorologique d'Eguzon (Indre) signale une faible secousse le 14 décembre vers 6 h. du matin. Cette secousse a été inscrite à Folinière à 04 h. 48 mn. 14,8 s. (TMG). On a noté les intensités suivantes :

Indre : 3 à Bazaiges, Chantôme, Eguzon, Gargiles-Dampierre, Pommiers, 2 à Baraize, Cuzion, Vigoux.  
Creuse : 4 à Azéables, 2-3 à la Chapelle-Baloue, 2 à Fresselines et Saint-Sébastien.

Il s'agit d'une réplique des secousses ressenties dans la région d'Azéables en 1948 ; le foyer situé dans la Creuse (46°21' N, 1°29' E) était en relation avec la grande dislocation dite de Boussac qui sépare le massif granitique de Guéret et la série métamorphique "renversée" du plateau d'Aigurande.

Enquête macroséismique : 23 réponses dont 12 positives : R = 12 km.

130. - 10 décembre 1959 au 8 janvier 1960 ; essaim de la Grave de Peille (Alpes-Maritimes) : 43°48' N, 7°22' E.

Du 10 décembre 1959 au 8 janvier 1960 la station sismologique de Monaco a enregistré 43 secousses dont le foyer se trouvait à la Grave de Peille, à 8 km au N de la station. Au moins 12 de ces secousses ont également été enregistrées à Isola.

Ces secousses ont été ressenties dans la région épicertrale où leur répétition a causé une vive inquiétude parmi la population. La secousse la plus forte s'est produite le 13 décembre à 22 h. 26 mn. L'enquête macroséismique a montré que cette secousse a été ressentie dans un rayon de quelques kilomètres seulement. On a noté l'intensité 5 à Peille, Blausasc et Coaraze, 4-5 à Sclos de Contes et Peillon, 4 à Monaco, Contes et l'Escarène, 3 à Touët-de-l'Escarène et Berre des Alpes, 2 à Nice ; néant à Bendejun, Gorbio et Châteauneuf-Contes. La surface macroséismique totale n'a pas dépassé 150 km<sup>2</sup>. (R = 7 km).

La secousse du 22 décembre à 12 h. 13 mn. a été ressentie 4 à Sclos de Contes et Peillon, 3-4 à l'Escarène, 3 à Berre des Alpes, 2 à Coaraze, la Bollène, Lantosque ; 35 réponses négatives.

Le tableau suivant contient les observations détaillées des stations de Monaco et Isola, l'amplitude maximum sur chacun des enregistrements de Monaco (d'après le Commandant Grinda) et les observations macroséismiques faites à la station météorologique de Sclos-de-Contes (d'après M. Billet).

Liste des secousses sismiques ressenties à la Grave de Peille enregistrées à Monaco et à Isola entre le 10 décembre 1959 et le 12 janvier 1960

Date	Heures (T.U.) de l'enregistrement à Monaco	Amplitude maxima mm	Heures (T.U.) de l'enregistrement à Isola	Intensités observées à Sclos-de-Contes
1959				
10.12	e 21 h. 47 mn. 07 s.	1,5		
11.12	e 10 h. 35 mn. 41 s.	3		
12.12	e 06 h. 29 mn. 50,5 s.	2		22 h. 04 mn. (III)
	e 06 h. 32 mn. 09,5 s.	1,5		
	e 08 h. 42 mn. 15,5 s.	10		
13.12	e 10 h. 29 mn. 56,5 s.			
	e 10 h. 47 mn. 22 s.	1,5		
13.12	Pg 22 h. 26 mn. 59,2 s.	41	Pg 22 h. 27 mn. 06,6 s.	22 h. 26 mn. (IV-V)
	Sg 22 h. 27 mn. 00,8 s.		Sg 22 h. 27 mn. 33,1 s.	
	e 22 h. 40 mn. 03 s.	1,5		
14.12	e 05 h. 31 mn. 43 s.	1		05 h. 29 mn. (III)
	e 05 h. 32 mn. 29,5 s.	1		
	e 06 h. 28 mn. 09,5 s.	3		
	e 06 h. 31 mn. 35 s.	0,7		
15.12	e 06 h. 39 mn. 23,5 s.	0,3		
	e 11 h. 03 mn. 36 s.			
	e 14 h. 17 mn. 31 s.			
16.12	Pg 00 h. 21 mn. 17,5 s.	28	i! Pg 00 h. 21 mn. 25,1 s.	00 h. 22 mn. (III)
	Sg 00 h. 21 mn. 19,4 s.		i! Sg 00 h. 21 mn. 31,7 s.	
	i 01 h. 15 mn. 56,5 s.	4		
	i 16 h. 23 mn. 57,5 s.	1		
	Pg 17 h. 01 mn. 44,5 s.	4,5	iPg 17 h. 01 mn. 52,5 s.	17 h. 06 mn. (II-III)
	Pg 17 h. 03 mn. 15,5 s.	3	Sg 17 h. 01 mn. 59,1 s. Pg 17 h. 03 mn. 22,9 s.	

Date	Heures (T.U.) de l'enregistrement à Monaco	Amplitude maxima mm	Heures (T.U.) de l'enregistrement à Isola	Intensités observées à Scios-de-Cotes
1959				
16.12	Pg 17 h. 05 mn. 02,5	1,5	Sg 17 h. 03 mn. 27,8	
			Pg 17 h. 05 mn. 07,5 s.	
	Pg 17 h. 09 mn. 15 s.	1,5	Sg 17 h. 05 mn. 14,3 s.	
	Pg 17 h. 28 mn. 02 s.	3	Sg 17 h. 09 mn. 28,5 s.	
17.12	i 04 h. 19 mn. 46,5 s.	3	Pg 17 h. 28 mn. 08,8 s.	
	i 11 h. 08 mn. 55 s.	3	Sg 17 h. 28 mn. 14,8 s.	
	i 13 h. 06 mn. 56 s.	4		13 h. 10 mn. (III)
	i 17 h. 12 mn. 14,5 s.	5		17 h. 15 mn. (II-III)
18.12				13 h. 40 mn. (II-III)
				17 h. 55 mn. (II)
19.12	i 00 h. 50 mn. 34,5 s.	4		
	i 07 h. 40 mn. 33,5 s.	1,5		
	i 14 h. 21 mn. 42,5 s.	7		
20.12	i 01 h. 44 mn. 01 s.	2,5		01 h. 46 mn. (II)
	i 01 h. 46 mn. 38 s.	3		
	i 11 h. 54 mn. 43,5 s.	2		
	i 11 h. 58 mn. 11 s.	4		
21.12	i 09 h. 23 mn. 01 s.	2		21 h. 30 mn. (III)
	i 09 h. 44 mn. 43 s.	1,5		
22.12	ePg 02 h. 26 mn. 29,5 s.	3	e 02 h. 26 mn. 36,3 s.	02 h. 25 mn. (II-III)
			e(Sg) 02 h. 26 mn. 44,3 s.	
	e 04 h. 00 mn. 32,5 s.	2	e 04 h. 00 mn. 32,4 s.	
			e 04 h. 00 mn. 37,8 s.	
22.12	iPg 12 h. 12 mn. 59,6 s.	38	iPg 12 h. 13 mn. 07,0 s.	12 h. 20 mn. (II)
	Sg 12 h. 13 mn. 01,4 s.		iSg 12 h. 13 mn. 13,8 s.	
22.12	iPg 13 h. 41 mn. 48,2 s.	35	iSg 13 h. 41 mn. 55,6 s.	13 h. 43 mn. (IV)
			eSg 13 h. 42 mn. 02,2 s.	
23.12	i 13 h. 44 mn. 51 s.			
	i 21 h. 38 mn. 04,5 s.	4,5		
26.12	iPg 02 h. 06 mn. 06,1 s.	23	iPg 02 h. 06 mn. 12,6 s.	
	Sg 02 h. 06 mn. 07,6 s.		e(Sg) 02 h. 06 mn. 18,0 s.	
28.12	i 11 h. 07 mn. 08 s.	2		
	e 21 h. 31 mn. 18 s.	2		
1960				
8.1	iSg 11 h. 07 mn. 10 s.	4		

A la demande du maire de Peille, M. le Conseiller Général Montagne, le Professeur Corroy, Directeur du laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Marseille, s'est rendu dans la région épicertrale et a rédigé un long rapport dont nous indiquerons ici quelques extraits :

Les manifestations sismiques constatées à Peille en 1887, 1934, novembre 1957 et décembre 1959 ont toujours suivi des périodes très pluvieuses (en 3 semaines entre le 28 novembre et le 24 décembre 1959, il est tombé à Monaco 334 mm. de pluie, valeur qui atteint la moitié de la moyenne annuelle)... L'aire pléistossiste a toujours été très réduite (1 km de rayon) et l'intensité décroît rapidement en fonction de la distance : le 13 décembre 1959 la secousse a été à peine ressentie (2) à Nice à 18 km. On doit donc penser avec le Commandant Grinda qu'il s'agit de "pseudoséismes" comme ceux provoqués par des effondrements de cavités souterraines... L'ingénieur Volle a ressenti à la Grave de Peille un très grand nombre de microsecousses (4 ou 5 fois plus que celles enregistrées à Monaco) qu'il assimile à des "coups de toit" accompagnés d'un bruit sourd qui causait une vive inquiétude parmi les habitants.

Au point de vue géologique on peut constater que le village de Peille est séparé en 2 parties par une faille importante mettant en contact le jurassique du rocher de Peille avec une zone crétacée effondrée.

La synthèse des constatations, enregistrements et observations géologiques dans la région de Peille, confirme l'existence indiscutable de mouvements d'âge quaternaire. On peut interpréter les pseudoséismes de décembre 1959 comme suit :

1/ La faille majeure du Col St-Bernard-Concassé-Colletta Basse *rejoins in situ*, provoquant les accidents du village, sur une déchirure descendante Nord-Sud, et soulignée par les lézardes des murs des habitations, les fissures des soutènements, les petites diaclases, phénomènes de tassements ou de légers glissements, etc. avec venues aquifères à l'aval de l'accident. Il y a quelques années, une assez large fissure a été ravalée le long de la rue du Pons.

2/ Le grand cône éboulé de la Verne, non encore stabilisé, et dont le "tissu spongieux" s'imbibe au maximum, subit des mises en place irrégulières et plus ou moins profondes de ses éléments. D'où les "coups de toit" entendus, avec vibrations à intensité variable dans cette zone considérée comme "épicentrale" par les observateurs.

Ces mises en place s'accompagnent évidemment à l'intérieur de la masse bréchoïde et détritique, de jeux naturels de l'érosion : effondrements, glissements, rupture de bancs rocheux, écoulements, tassements, etc. avec dissolution de carbonate de chaux par les eaux ruisselantes et rendant les dolomies cavernueuses.

Le professeur Corroy concluait : "ces manifestations d'une région alpine, tectoniquement encore jeune, répondent ainsi aux lois de l'érosion par de lents affaissements dans les zones sédimentaires faibles ou friables".

131. - 21 décembre 1959 à 21 h. 44 mn. et 22 h. 35 mn. - Côte ligur : 43°9 N, 7°6 E.

Une secousse prémonitoire inscrite à Monaco (iPg 21 h. 44 mn. 17,5 s., iSg 21 h. 44 mn. 20,0 s.) et à Isola (iPg 21 h. 44 mn. 23,1 s., eSg 21 h. 44 mn. 30,1 s.) a été suivie d'une secousse plus importante à 22 h. 35 mn.

Cette deuxième secousse a été enregistrée dans les observatoires suivants :

Monaco	iPg	22 h. 35 mn. 03 s.		
Isola	iPg	22 h. 35 mn. 12,5 s.		
Neuchâtel	ePg	22 h. 36 mn. 04,7 s.	e(Sg)	22 h. 36 mn. 29 s.
Clermont	e(Pn)	22 h. 36 mn. 31,5 s.	eSg	22 h. 37 mn. 27,5 s.
Basel	ePg	22 h. 36 mn. 34,2 s.		

Les intensités suivantes ont été observées dans le département des Alpes-Maritimes :

5 à Breil et Sospel, 4 à Beausoleil, 3-4 à Scios-de-Contes, 3 à Berre-des-Alpes, Castellar, Castillon, Contes, l'Escarène, Gorbio, Lucéram, Roquebrune-Cap-Martin, Saorge, Ste-Agnès, La Trinité ; 2-3 à Tende, 2 à Coaraze et Villefranche s/Mer.

Enquête macroséismique : 41 réponses dont 18 positives. La secousse a été ressentie en Italie, à Vintimille avec l'intensité 5. L'épicentre approximatif se trouve vers 43°9 N, 7°6 E dans la zone montagneuse au N de Vintimille. Le rayon de la surface macroséismique est d'environ 25 km, celui de l'isoseïste d'intensité 5, d'environ 13 km.

132. - 23 décembre 1959 à 19 h. 21 mn. - Morvan : 47°3 N, 4°3 E.

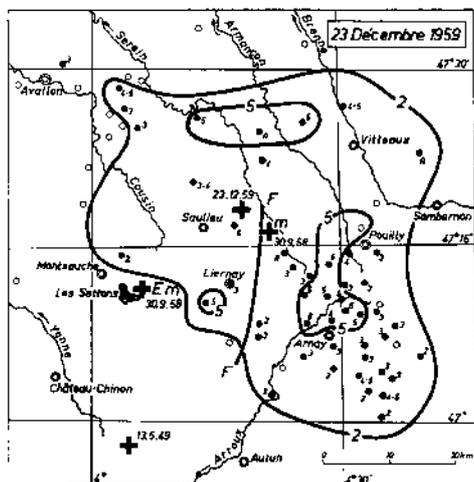


Fig. 34

La secousse a été ressentie dans le département de la Côte d'Or avec les intensités suivantes : 5 à Allerey, Bellenot-sous-Pouilly, Blanot, Charigny, Châtellenot, Clomot, Jouey, Lacanche, Le Fête, Longuecourt, Musigny, Thoste, Villargoix ; 4-5 à Villeferry ; 4 à Arnay-le-Duc, Nan-sous-Thol et Thoisy-le-Désert ; 3-4 à Molphey ; 3 dans plusieurs autres localités. Elle a été également ressentie dans les départements de Saône-et-Loire (5-6 à Igornay), Nièvre (3 à Dun-les-Places) et Yonne (4-5 à St-André-en-Terre-Plaine, 3 à Sauvigny-le-Bois et Ste-Magnance). Les zones d'intensité 5 forment plusieurs îlots à l'intérieur d'une aire macroséismique totale mesurant environ 2 000 km<sup>2</sup> ; cette répartition indiquant une distribution inégale de l'énergie autour du foyer, fait penser que ce foyer pourrait ne pas être superficiel mais se trouver quelques kilomètres au-dessous de la surface du sol. L'épicentre est très probablement à rechercher sur la grande faille (figure 34, FF) qui met les terrains secondaires (trias, lias et jurassique inférieur) en contact avec les terrains éruptifs et métamorphiques de l'extrémité orientale du Massif hercynien du Morvan. Cette faille passe approximativement par Toisy-la-Berchère, Vianges et Bard-le-Régulier. Les coordonnées de l'épicentre (47°3 N, 4°3 E) sont presque les mêmes que celles du séisme du 30 septembre 1958 (47°2 N, 4°1 E) qui avait été particulièrement ressenti dans la région de Saulieu. Ce foyer est à une trentaine de kilomètres au Nord de celui du séisme du 13 mai 1949 (46°58' N, 4°04' E).

On peut supposer que le séisme du 23 décembre 1959 trouve son origine dans un accident tectonique intéressant le socle profond du massif du Morvan ; les effets à la surface correspondent à un léger mouvement des terrains le long de la faille mentionnée ci-dessus.

Enquête macroséismique : 81 réponses dont 52 positives ; R = 26 km.

Le tremblement de terre du 23 décembre 1959 a été inscrit dans plusieurs observatoires français et étrangers :

80 km	Garchy	iPn	19 h. 21 mn. 55,7 s.	iSg	19 h. 22 mn. 09,5 s.
180	Clermont	ePn	19 h. 22 mn. 17 s.	iSg	19 h. 22 mn. 43 s.
260	Basel	eP	19 h. 22 mn. 20,4 s.		
	Strasbourg	e	19 h. 22 mn. 24 s.		
220	Neuchâtel	iPg	19 h. 22 mn. 29,3 s.	iSg	19 h. 23 mn. 23,5 s.
385	Folinère	ePg	19 h. 22 mn. 48,7 s.		
	Messstetten	e	19 h. 23 mn. (21) s.		
410	Stuttgart	eSn	19 h. 23 mn. 27 s.	iSg	19 h. 23 mn. 32,5 s.

L'heure origine calculée H est voisine de 19 h. 21,7 mn.

133. - 28 janvier 1960 à 14 h. 34 mn. - Basses-Alpes : 44°6 N, 6°8 E.

Cette secousse ressentie dans la Haute Vallée de l'Ubaye et dans une partie du Queyras est une réplique du séisme du 5 avril 1959. On a signalé les intensités suivantes :

*Hautes-Alpes* : 5 à Ceillac, aux Orres et à Vars ; 3-4 à Abriès ; 3 à Aiguilles, Château-Ville-Vieille, Crévoux, Eghers, Guillestre, Risoul, St-Clément, 2-3 à St-Véran, Molines-en-Queyras ; 2 aux Crottes.

*Basses-Alpes* : 5 à Larche et St-Paul ; 4-5 à Condamine-Châtelard ; 3 à Jausiers ; 2 à Uvernet.

Enquête macroséismique : 38 réponses dont 19 négatives ; R = 25 km ;  $r_3 = 14$  km.

La secousse a été inscrite dans plusieurs observatoires européens (voir bulletin mensuel B.C.I.S., 1960, p. 161-162).

Heure origine calculée : H = 14 h. 34 mn. 19 s. Seule l'onde Pg (de vitesse voisine de 6,05 km/s) est bien définie aux stations suivantes :

45 km	Isola	iPg	14 h. 34 mn. 26,6 s.
106	Monaco	iPg	37 s.
151	Oropa	ePg	43 s.
272	Neuchâtel	ePg	35 mn. 03,0 s.
306	Besançon	Pg	10 s.
319	Clermont	Pg	12,5 s.
333	Bâle	(Pg)	17,4 s.
436	Messstetten	ePg	31,4 s.
459	Strasbourg	eiPg	34,5 s.
475	Tubingen	ePg	38 s.

134. - 21 février 1960 à 11 h. 20 mn. - Alpes-maritimes : 43°8 N, 7°4 E.

2 chocs ressentis vers 11 h. 22 mn. et 11 h. 24 mn. à Sclos de Contes (intensité 2) signalés par l'observateur du poste météorologique dans cette commune. Il s'agit de deux nouvelles répliques (non inscrites dans les observatoires) des pseudoséismes de Peille.

135. - 3 mars 1960 vers 18 h. 58 mn. - Alpes-maritimes : 43°8 N, 7°4 E.

Une nouvelle réplique du même séisme, signalée par le même observateur, a été ressentie avec l'intensité 2 à Sclos de Contes le 3 mars 1960 vers 18 h. 58 mn.

136. - 23 mars 1960 à 23 h. 08 mn. 50 s. - Alpes bernoises : 46°21' N, 8°05' E.

Un important tremblement de terre originaire des Alpes bernoises a été ressenti sur une vaste portion du territoire français intéressant 12 départements du Nord-Est de la France. Le dépouillement des questionnaires

en provenance de 260 localités différentes a permis de tracer les courbes isoscistes ; 124 réponses positives ont été reçues.

En France, l'intensité maxima n'a nulle part dépassé le degré 5 atteint dans quelques localités : Chamonix et Cluses (Haute-Savoie), Audincourt (Doubs), Jussey et Villersexel (Haute-Saône), Steinbrunn (Haut-Rhin).

La zone macroséismique est limitée en France par une courbe irrégulière jalonnée par les localités suivantes : Moutiers (150 km), Chambéry (185 km), Frangy (160 km), Lons-le-Saunier (190 km), Dôle (205 km), Gray (215 km), Vittel (255 km), Charmes (260 km), St-Dié (230 km), Colmar (195 km). En outre, la secousse a été signalée à Langres (260 km), Erstein (235 km), Strasbourg (255 km).

On voit que la zone macroséismique est beaucoup plus étendue vers le Nord-Ouest que vers le Sud-Ouest. Le rayon macroséismique moyen est en France d'environ 200 km.

Le service sismologique suisse indique pour épicentre un point de coordonnées : 46°20'8 N, 8°04'6 E. D'après Zurich ce séisme a été ressenti avec l'intensité 3 dans la région épacentrale. On a signalé des dégâts matériels à Brig (46°19' N, 8°00' E), à Piesch (46°24' N, 8°08' E), Mörel (46°21'5 N, 8°03'7 E), Visp (46°18' N, 7°53' E) et à Interlaken. L'intensité 4-5 a été atteinte dans le reste de la Suisse (voir la carte macroséismique détaillée publiée dans : Jahresbericht 1960 des Schweizerischen Erdbebendienstes, p. 9).

En Italie, on a noté 3-6 à Mosso San Maria ; 5 à Oropa et Omegna ; 4 à Turin, Cuarqui, Transella et dans de nombreuses communes des provinces de Turin, Vercelli, Aosta, Sandrio, Novaro, Como et Pavia.

Le séisme a été inscrit dans de nombreuses stations (voir bulletin du B.C.I.S., 1960, p. 514-515). La magnitude a atteint 5 1/4 d'après Collm, 4,6 d'après Praha. Heure origine : 23 h, 08 mn, 30 s. (Zurich). L'I.S.S. (1960, p. 272-273) donne pour épicentre un point de coordonnées 46°34' N, 8°04' E.

137. - 8 mai 1960 vers 17 h. 30 mn. - Basses-Alpes : 44°6 N, 6°8 E.

Choc brusque ressenti 4 à St-Paul d'Ubaye (Basses-Alpes) et 3 à Vars (Hautes-Alpes). Réplique du séisme du 5 avril 1959, non inscrite dans les Observatoires.

Enquête macroséismique : 31 réponses dont 2 positives.

138. - 13 mai 1960 à 02 h. 15 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°3 E.

On a noté l'intensité 5 à Avezac-Prat, Campan ; 4-5 à la Barthe-de-Neste et Sarrancolin ; 4 à Capvern, Luz et Tuzaguet ; 3 à Antichan, Argelès-Gazost, Arreau, Artignemy, Beaudéan, Bordères-Louron, Bertren, Cieutat, Gazave, Lortet, Loudenvielle, Mazères-de-Neste, Haut et Bas Nistos, Péré, Sarlabous, St-Arroman, St-Laurent-de-Neste, Ste-Marie, Troubat, Trébons ; 2 à Ferrière, Vielle-Aure.

Enquête macroséismique : 34 réponses dont 29 positives ; R = 30 km ; r<sub>0</sub> = 7 km.

L'épicentre est probablement situé sur le front nord-pyrénéen au NE de Campan vers 43°0 N, 0°3 E. Heure origine : H = 02 h. 15 mn. 52 s.

Les données microséismiques sont les suivantes (voir Bulletin B.C.I.S. 1960, p. 781) :

245 km	Tortosa	c	02 h. 15 mn. 55 s.	i(Sg)	02 h. 16 mn. 07 s.
360	Clermont	eSg	02 h. 16 mn. 39 s.	i	02 h. 16 mn. 55 s.
515	Garchy	ePn	02 h. 16 mn. 00 s.	eSg	02 h. 17 mn. 19,2 s.
600	Gorron	iPn	02 h. 16 mn. 12,2 s.		
640	Folinière	iPn	02 h. 16 mn. 15,9 s.		

139. - 13 mai 1960 à 03 h. 55 mn. 34 s. - Bas-Rhin : 48°25' N, 7°20' E.

Le Massif cristallin du Champ du Feu, dans les Vosges, a été, en mai 1960, le foyer d'une série de secousses ressenties dans de nombreuses localités ; déjà un séisme analogue s'était produit le 22 février 1886 à 12 h. 20 mn, signalé au Hohwald, à Welschbruch, à la Métairie (Melkerei), à Rothau et à St-Blaise (Ch. Grad. Notes sur le tremblement de terre du 22 février 1886 en Alsace. *Ann. Météorologique de France*, t. 34, 1886, p. 206) ; l'épicentre devait être voisin du sommet du Champ du Feu (48°4 N, 7°3 E).

Les trois secousses principales de 1960 sont décrites ci-dessous :

La première secousse s'est produite le 13 mai 1960 à 03 h. 55 mn. Elle a été très largement ressentie dans le Bas-Rhin ; l'intensité n'a cependant pas dépassé le degré 5 sauf à Avenheim (6) et Maisongouttes (6). L'intensité 5 a été notée à Andlau, Barr, Belmont, Bernardv., Blienschwiller, Breitenau, Breitenbach, Châtenois, Dambach, Epfig, Gertwiller, Hohwald, Lalaye, Meistrasheim, Muhlbach, Natzwiller, Neuve-Eglise, Niederhaslach, Obernai, Plaine, Rosenwiller, Rothau, Solbach, Steige, Still, Thanvillé, Urbeis, Villé, Waldorsbach, Wildersbach, Wisches et peut-être Colroy-la-Roche.

On a signalé le degré 4-5 à Blancherupt, Bourg-Bruche, Dieffenbach, Erlenbach, Grendelbruch, Lutzelhouse, Molsheim, Neuwiller, Nothalten, Reichsfeid, Scherwiller, St-Martin, St-Maurice, St-Nabord, etc. Ce séisme a

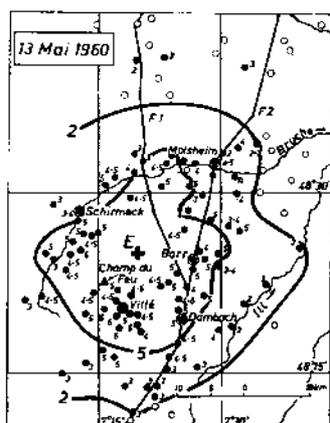


Fig. 35

Le calcul électronique en supposant un foyer superficiel et en utilisant les tables d'Haslach et les phases Pn et Pg a fourni les coordonnées suivantes : 48°25' N ± 2', 7°20' E ± 3' en accord avec l'épicentre macroséismique. Heure origine calculée H = 03 h. 55 mn. 34 s.

L'utilisation de la phase Sg fournit un épicentre trop oriental : 48°21' N, 7°30' E.

140. - 23 mai 1960 à 01 h. 08 mn. 25 s. - Bas-Rhin : 48°25' N, 7°16' E.

Réplique du séisme précédent, moins largement ressenti. L'intensité 5 a été atteinte à Bassenberg, Bellefosse, Blancherupt, Breitenau, Dieffenbach, Erlenbach, Hohwald, Lalaye, Maisongoutte, Neuwiller-la-Roche, Solbach, Waldersbach, Wildersbach, Wisches, Villé, 4-5 à Colroy-la-Roche, Rothau, St-Maurice, Thanvillé, etc. L'épicentre macroséismique paraît être situé quelques kilomètres à l'Ouest de celui du séisme du 16 mai 1965. (figure 36).

Enquête macroséismique : 59 réponses dont 42 positives ; R = 16 km ; r<sub>s</sub> = 8 km.

Les données microséismiques sont les suivantes :

41 km	Strasbourg	iPg	01 h. 08 mn. 34,0 s.	iSg	01 h. 08 mn. 40,0 s.
101	Basel	ePg	01 h. 08 mn. 42,5 s.	iSg	01 h. 08 mn. 56 s.
130	Messstetten	e!Pg	01 h. 08 mn. 47,5 s.	e!Sg	01 h. 09 mn. 02,7 s.
135	Tubingen	ePg	01 h. 08 mn. 48,5 s.	e!Sg	01 h. 09 mn. 04,5 s.
149	Stuttgart	eiPg	01 h. 08 mn. 50,7 s.	iSg	01 h. 09 mn. 08,3 s.
154	Heidelberg	ePg	01 h. 08 mn. 52,5 s.	eSg	01 h. 09 mn. 11 s.
158	Besançon	eSg	01 h. 09 mn. 11 s.		
160	Neuchâtel	ePn	01 h. 08 mn. 52,0 s.	iSg	01 h. 09 mn. 10 s.
189	Ravensburg	e	01 h. 09 mn. (02) s.	iSg	01 h. 09 mn. 19,4 s.
280	Bensberg	eSg	01 h. 09 mn. 47,5 s.	e	01 h. 09 mn. 50 s.

Inscrit à Clermont.

Heure origine calculée : H = 01 h. 08 mn. 25 s.

Le calcul électronique utilisant les données ci-dessus a fourni les coordonnées suivantes :

48°25' N ± 1', 7°13' E ± 2', h = 0 km, H = 01 h. 08 mn. 25 s. 2 ± 0,4 s.

Une secousse plus faible a été ressentie le 23 mai à 13 h. 19 mn. Elle a été ressentie dans le massif du Champ du Feu, en particulier à Villé et Andlau. La secousse a été enregistrée dans plusieurs stations (voir bulletin du B.C.I.S., 1960, p. 893) : il s'agit d'une réplique de la secousse du même jour à 01 h. 08 mn. L'heure origine de la secousse est : H = 13 h. 19 mn. 02 s.

141. - 19 juin 1960 à 03 h. 36 mn. - Jura alsacien : 47°32' N, 7°24' E.

La secousse du 19 juin a été ressentie dans la région limitrophe alsacienne-suisse. Elle a été particulièrement ressentie à la limite W de la chaîne du Blauen (Jura), à 18-20 km au SW de Bâle. D'après les renseignements suisses (voir Jahresbericht 1960 des Schweizerischen Erdbebendienstes, p. 6), la région limitée

été également ressenti dans une partie du Haut-Rhin (4 à Lièpvre et Rombach-le-Franc, 3 à Ribeauvillé, St-Hippolyte, Ste-Croix-aux-Mines, Ste-Marie-aux-Mines etc.) (figure 35).

Enquête macroséismique : 159 réponses dont 110 positives ; R = 25 km ; r<sub>s</sub> = 15 km.

L'épicentre macroséismique se trouve dans la partie centrale du massif du Champ du Feu (48°25' N, 7°20' E) ; ses relations avec la tectonique superficielle du massif sont difficiles à préciser. Ce tremblement de terre a été inscrit dans de nombreux observatoires européens (voir bulletin mensuel B.C.I.S., 1960, p. 781).

L'étude microséismique a permis de définir les vitesses suivantes : VPn : 8,2 km/s ; VPg : 6,15 km/s ; VSg : 3,5 km/s.

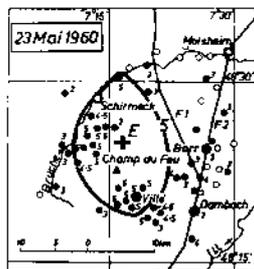


Fig. 36

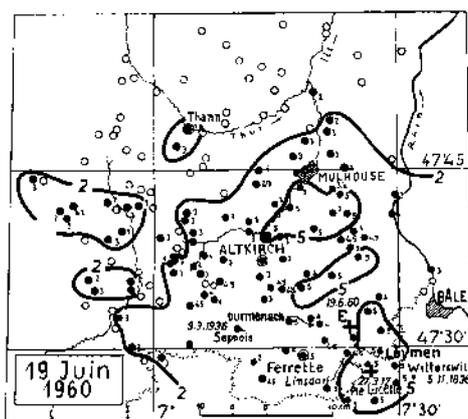


Fig. 37

due en Suisse jusqu'à une ligne jalonnée par Fribourg (90 km), Thoune (85 km), Zurich (85 km) et Schaffhouse (80 km). Vers le Nord, en Alsace, le rayon macroséismique moyen ne dépasse pas 40 km. On notera toutefois que la secousse a été signalée isolément à Gérardmer (Vosges) à 75 km de l'épicentre.

L'épicentre macroséismique adopté (47°32' N, 7°24' E) se place entre Durmenach et Leymen (Haut-Rhin) sur l'extrémité orientale du pli d'Oltingue, ride la plus septentrionale du Jura alsacien. Le pli d'Oltingue est postérieur à l'oligocène inférieur. L'âge très récent du pli ressort non seulement de la fraîcheur des formes, mais aussi de la fréquence des mouvements qui l'affectent encore : les tremblements de terre ne sont pas rares. Comme l'a remarqué R. Specklin, les épicentres de Witterswyl (5 novembre 1836), Seppois (9 mars 1936), Linsdorf (19 juin 1960) sont sur une ligne droite (voir : R. Specklin, Oltingue, Soc. d'histoire et du Musée de la ville et du canton de Huningue, N° 12, 1963, p. 5). D'une manière générale, l'une ou l'autre des nombreuses failles qui hachent le sous-sol du Jura et du Sundgau "jouent" encore aujourd'hui.

De son côté, M. Bider (Jahresberichte 1960 des Schweizerischen Erdbeobachtungsanstalt, p. 7) pense que le séisme est d'origine tectonique et est en rapport avec le prolongement vers le Sud d'un accident profond du Graben rhénan.

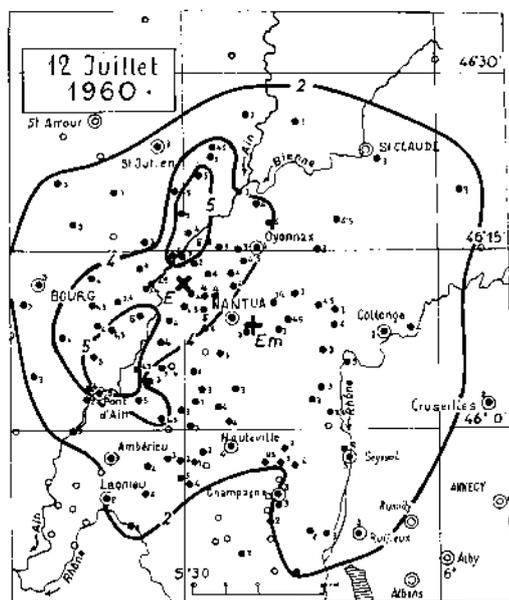


Fig. 38

par l'isoseïste 5 passe approximativement par les localités : Hofstetten, Blauen, Röschenz, Kleinlützel, Wolschwiller et Leymen. Dans toute cette région de nombreux dormeurs ont été réveillés et même effrayés.

En France, ce tremblement de terre a été ressenti dans une partie du Haut-Rhin et du Territoire de Belfort (figure 37).

On a noté l'intensité 5 dans le Haut-Rhin à Brunstatt, Ferrette, Flaxlanden, Folgensbourg, Hagental-le-Bas, Heidwiller, Jettingen, Riespach, Steinbrücken-le-Haut, Stetten et Willer ; 4-5 à Héisingue, Oltingue, etc. ; 4 à Dannemarie, Kembs, Vieux-Ferrette, etc. ; 3 à Altkirch, Landser, etc. Les intensités atteintes sur le Territoire de Belfort n'ont pas dépassé le degré 3 sauf à Suarce (4-5).

Enquête macroséismique : 211 questionnaires envoyés, 164 réponses dont 92 positives ; R = 40-80 km.

D'après les renseignements macroséismiques suisses, la secousse a été particulièrement ressentie dans la région de Kleinlützel (47°26' N, 7°25' E), Burg (47°27,5' N, 7°26,5' E), Rodersdorf (47°29' N, 7°27' E), Blauen (47°28' N, 7°31' E), de part et d'autre du Blauenberg. D'après la carte publiée par le service sismologique suisse, la secousse s'est largement étendue.

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires (voir Bulletin mensuel du B.C.I.S., 1960, p. 1121).

La calculatrice électronique utilisant les phases Pn et Pg (tables de Haslach) a fourni pour l'épicentre les coordonnées suivantes : 47°42' N ± 4', 7°16' E ± 6' ; H = 03 h. 35 mn. 14,7 s. ± 0,7 s. Cet épicentre paraît trop septentrional.

Plusieurs foyers ont été signalés précédemment dans la même région : le 5 novembre 1836 (47°28' N, 7°29' E, dégâts à Witterswill), le 27 mars 1917 (47°28' N, 7°32' E, ressenti 5 à Maria Hofstetten), le 9 mars 1936 (47°32' N, 7°10' E, région de Seppois) et le 18 juillet 1942 (47°38' N, 7°33' E, région de Bâle). On peut encore citer les faibles secousses du 6 octobre 1943 (4 à Laufenbecken), du 27 août 1948 (2 à Ferrette), du 30 août 1951 (2 à Ferrette) et du 12 août 1953 (3-4 à Lucelle, voir plus haut N° 38).

Il est possible également que les grands séismes de 1021, 1346 et 1356 qui firent d'importants dégâts à Bâle, aient eu leur foyer dans la même région (Blauenberg).

- 142. - 12 juillet 1960 à 00 h. 47 mn.
- Ayn : 46°2 N, 5°5 E.

Séisme préalpin, inscrit dans 29 observatoires européens (voir le Bulletin mensuel du Bureau International de Sismologie, 1960, p. 1265) et largement ressenti dans les départements de l'Ain et du Jura.

Enquête macroséismique : 276 réponses dont 124 positives ; R = 36 km.

L'intensité 5 a été notée dans l'Ain à : Argis, Arlod, Brion, Cize, Corveissiat, Granges, Jujurieux, Pont-d'Ain, Rignat, St-Martin-du-Mont, Samognat, 4-5 à Bellignat, Boyeux, St-Jérôme, Ceyzeriat, Hautecourt, Lalleyriat, Lompnieu, Matafelon, Poncin, St-Germain-de-Joux, Volognat, etc.

Dans le Jura l'intensité 5 a été atteinte à Genod ; 4-5 à Ceffia, Arinthod, Bouchoux et Carnod.

Les intensités sont assez irrégulièrement réparties à l'intérieur d'une surface macroséismique d'environ 4 000 km<sup>2</sup> (R = 36 km).

D'après la carte macroséismique (figure 38), l'épicentre est situé à 10 km au Nord-Ouest de Nantua et a pour coordonnées 46°2 N, 5°5 E ; on remarquera que ce point est à quelques kilomètres seulement du barrage de Cize-Bombois sur la rivière l'Ain.

Le calcul électronique a fourni les résultats suivants :

a) avec les phases Pn et Pg et un foyer superficiel

46°08' N ± 4', 5°46' E ± 5' ; H = 00 h. 46 mn. 47,4 s. ± 0,8 s.

b) avec les phases Pg et Sg et un foyer superficiel

46°08' N ± 1', 5°40' E ± 2' ; H = 06 h. 46 mn. 46,4 s. ± 0,5 s.

c) avec la phase Sg et un foyer superficiel

46°09' N ± 2', 5°38' E ± 3' ; H = 06 h. 46 mn. 46,0 s. ± 0,8 s.

Ce troisième calcul (épicentre Em sur la carte figure 38) est celui qui s'accorde le mieux avec la détermination macroséismique.

143. - 5 août 1960 à 05 h. 21 mn. - Hautes-Pyrénées : 43°0 N, 0°3 W.

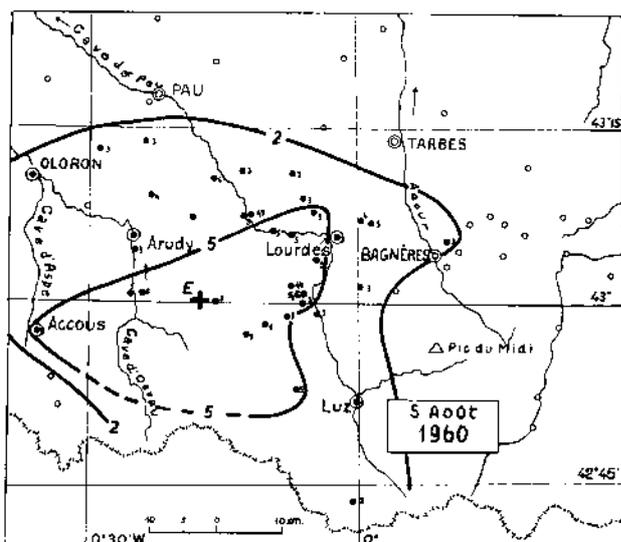


Fig. 39

Ressentie dans les Hautes-Pyrénées, cette secousse a atteint son intensité maxima à Argelès-Gazost (5-6) où on signale des chutes d'objets.

On a noté l'intensité 5 à Arras, Cauterets, Ferrières, Gaillagos, Lombajac, Paréac, Peyrouse, Ségus, St-Pé de Bigorre ; 4-5 à Salles, 4 à Julos et Luz ; 3 à Arrens, Barlest, Gazost, Gerde, Lourdes, Marsous, Préchac, Trébons.

Enquête macroséismique : 46 réponses dont 21 positives ; R = 31 km ; r<sub>3</sub> = 17 km.

D'après la carte macroséismique (figure 39) l'épicentre est situé dans la région de Ferrières et a pour coordonnées : 43°0 N, 0°3 W. La zone épicentrale correspond à la région des plissements crétacés de l'avant-pays pyrénéen. La surface macroséismique atteint 3 000 km<sup>2</sup> environ.

Les données microséismiques sont les suivantes :

45 km	Bagnères de Bigorre	iPg	05 h. 21 mn. 35,0 s.		
280	Tortosa	Pg	05 h. 21 mn. 59 s.	iSg	05 h. 22 mn. 29 s.
400	Clermont-Ferrand	ePn	05 h. 22 mn. 12,0 s.	iSg	05 h. 23 mn. 13 s.
450	Toledo	ePg	05 h. 22 mn. 21 s.		
520	Alicante	e	05 h. 23 mn. 36 s.		
630	Folnrière	ePn	05 h. 22 mn. 33,6 s.	iSg	05 h. 24 mn. 10,5 s.
670	Besançon	c	05 h. 24 mn. 28 s.	ei	05 h. 24 mn. 35 s.
710	Neuchâtel	e	05 h. 24 mn. 35,5 s.		
722	Basel	e	05 h. 25 mn. 49,7 s.		
865	Strasbourg	ei	05 h. 25 mn. 35 s.	e	05 h. 25 mn. 48 s.
923	Messtetten	e	05 h. 25 mn. 31 s.		
960	Stuttgart	e	05 h. 25 mn. 44 s.	eSg	05 h. 25 mn. 55 s.

Heure origine calculée : H = 05 h. 21,2 mn.

144. - 12 octobre 1960 à 02 h. 46 mn. - Basses-Alpes : vers 43°8 N, 6°5 E.

Une faible secousse inscrite à Isola (ePg 02 h. 46 mn. 32,0 s. eSg 02 h. 46 mn. 40,0 s.) et à Monaco (iSg 02 h. 46 mn. 45 s.) a été ressentie, 4 à Castellane et 2 à Angles dans les Basses-Alpes.

Enquête macroséismique : 35 réponses dont 2 positives .

145. - 24 octobre 1960 à 22 h. 06 mn. - Hautes-Pyrénées : 42°9 N, 0°4 E.

Une faible secousse a été ressentie 5 à Avajan, Cuchen ; 4-5 à Arreau, Sarrancolin ; 4 à Bordères-Louron ; 3 à Barrancouen, Cadéac, Gerde, Ilhet, Vielle-Aure ; 2-3 à Lortet.

Epicentre macroséismique : 42°9 N, 0°4 E.

Enquête macroséismique : 38 réponses dont 18 positives ; R = 16 km.

146. - 5 décembre 1960 à 19 h. 30 mn. - Hautes-Alpes : 44°6 N, 6°7 E.

Prémonitoire du suivant : ressenti 3 à Guillestre, Mt-Dauphin, Pelvoux et Serennes.

147. - 6 décembre 1960 à 01 h. 26 mn. - Hautes-Alpes : 44°36' N, 6°40' E.

Ressenti 5 à Réotier, Risoul, Vars, 3 à Guillestre, St-Clément, 2-3 à Ceillac, Mt-Dauphin, 2 à Jausiers et St-Véran.

Enquête macroséismique : 50 réponses dont 11 positives ; R = 20 km.

L'épicentre macroséismique (44°36' N, 6°40' E) se trouve à 10 km au NW de celui du 5 avril 1959 (44°32' N, 6°47' E).

Les données microséismiques sont les suivantes :

55 km	Isola	i! Pg	01 h. 26 mn. 31 s.	i! Sg	01 h. 26 mn. 37,8 s.
114	Monaco	iPg	01 h. 26 mn. 41 s.	iSg	01 h. 26 mn. 53,3 s.
410	Garchy	Pn	01 h. 27 mn. 19,9 s.	iSg	01 h. 28 mn. 18,2 s.
500	Stuttgart	e	01 h. 28 mn. 50 s.		

Heure origine calculée : H = 01 h. 26 mn. 22 s.

# PROPAGATION DES ONDES Lg A TRAVERS L'AFRIQUE ET LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

PAR E. PETERSCHMITT

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

Ewing et Press ont mis en évidence en 1952 deux nouveaux types d'ondes, les Lg et les Rg (3).

Ces ondes caractérisées par leur faible période - 1 à 6 secondes - ont une composante transversale prédominante. La vitesse des Lg en Amérique du Nord a été trouvée égale à 3,51 km/s en parfait accord avec la vitesse des ondes S "granitiques" déterminées par l'étude des séismes proches. Des travaux ultérieurs, ceux de Båth en particulier, ont permis de distinguer d'autres ondes analogues (1). Elles présentent toutes un trait commun : elles sont liées à des trajets continents. D'après Ewing et Press, une longueur de trajet de 2° à caractère océanique suffit à en provoquer la disparition.

L'explosion du 1<sup>er</sup> mai 1962 a donné naissance à un certain nombre d'ondes de ce type. Les temps de propagation ont été réunis dans le tableau ci-dessous, qui contient en outre les distances épacentrales, les classes dans une classification arbitraire de 1 à 4, le chiffre le plus élevé correspondant aux phases les plus importantes, et enfin les temps "réduits" (calculés pour une vitesse de 3,5 km/s), temps qui ont servi à établir le graphique.

Station Distance en km	L1		Lg1		Lg2		L3,2		?		?	
	mn. cl.	s. s.	mn. cl.	s. s.	mn. cl.	s. s.	mn. cl.	s. s.	mn. cl.	s. s.	mn. cl.	s. s.
Sétif 1346	06 3	04 -21	06 2	27 +2	06 4	38 +13						
Alger 1422			06 1	48 +1			07 4	25 38	07 3	18 31		
Averroès 1587	07 1	10 -24	07 2	33 -1	07 3	44 +10	08 4	23 49	07 4	48 +14		
Cartuja* 1672									08 33	31		
Messine 1857									09 3	18 27		
Matam 2116			10 2	(03) (-2)								
M'Bour 2542	11 2	44 -23	12 2	07 00	12 4	25 +18			12 3	15 +8		
Bangui 2616	11 2	59 -28	12 4	27 -1	12 3	46 +18	13 4	32 +64	11 1	31 -63	12 4	51 +23
Lwiro* 3877									18 ?	13 -15		
Addis-Abebba 3947			18 3	50 +2	19 3	20 +32			18 4	20 -28		

Les données des stations munies d'un astérisque ont été tirées des bulletins.

Les ondes Lg étant liées à des trajets continentaux sont surtout visibles sur les enregistrements des stations africaines : les observations de ces stations seront discutées en premier lieu.

Dans le commentaire des enregistrements et du graphique je suivrai la nomenclature adoptée par Bâth (1).

a) Les périodes sont généralement faibles (comprises entre 1 et 4 secondes). Mais, dans un cas, une valeur de 6 secondes a été notée. Le nombre relativement élevé de périodes comprises entre 1 et 2 secondes tient sans doute au fait que des enregistrements de sismographes à courte période ont été utilisés.

b) Les composantes : l'enregistrement est en général meilleur sur les composantes horizontales, mais les composantes verticales ont également fourni de très bons résultats. Ceci est normal, si on considère que par suite du mécanisme explosif au foyer très peu d'énergie a dû être émis sous forme d'onde SH.

c) L'onde Lg1 : Bien que pour les premières stations - Sétif, Alger, Averroès - les amplitudes ne soient pas très fortes, ces phases sont cependant nettement marquées. La phase correspondant à cette onde est très belle à Bangui. Il y a certainement une influence du chemin parcouru, en particulier la traversée de l'Atlas a dû les affaiblir. La vitesse calculée par la méthode des moindres carrés est :

$$3,499 \pm 0,008 \text{ km/s}$$

On remarquera la très faible dispersion des observations. Ce chiffre est légèrement inférieur à ceux indiqués par d'autres auteurs :

Ewing-Press	3,51	(4)
Gutenberg	3,58 ± 0,02	(3)
Bâth	3,54 ± 0,05	(1)
Savarensky-Valdner	3,55	(5)

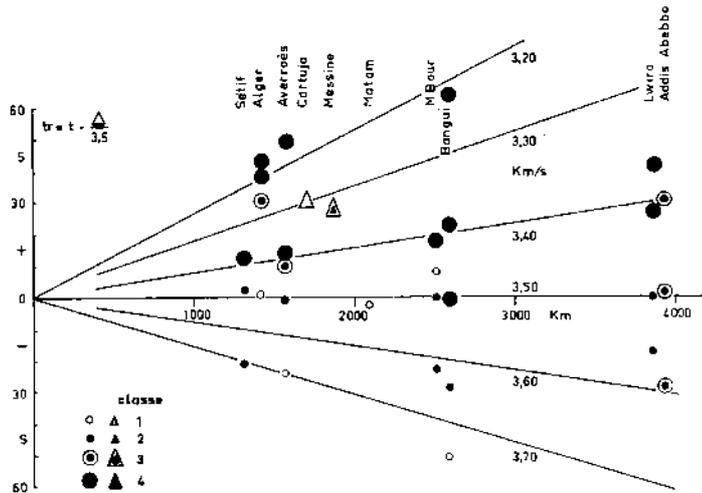


Figure 1 - Explosion du 1<sup>er</sup> mai 1962 ; "temps réduits" des ondes Lg.

d) L'onde Lg2 : Cette onde est, comme la précédente, enregistrée par toutes les stations africaines. Elle apparaît avec une très grande netteté mais la dispersion des observations est beaucoup plus importante que celle observée pour l'onde Lg1. Etant donné qu'il peut y avoir doute en quelques stations sur la phase qui doit être retenue en tant qu'onde Lg2, à Bangui en particulier, le calcul des vitesses par la méthode de Gauss n'a pas été effectué. La valeur moyenne admise est 3,40 km/s.

Valeurs indiquées par d'autres auteurs,

Bâth	3,36 ± 0,04
Gutenberg	3,38 ± 0,03
Savarensky-Valdner	3,29

On remarquera que la valeur trouvée pour l'Afrique du Nord est légèrement supérieure

à celle indiquée par les autres auteurs. Néanmoins la différence reste faible.

e) L'onde Li : en quatre stations la phase Lg1 est précédée d'émergences faibles mais certaines. Les vitesses calculées en supposant a priori des ordonnées à l'origine nulles sont : Sétif : 3,70 Averroès : 3,69 ; M'Bour : 3,61 ; Bangui : 3,76 ou 3,64.

Ces chiffres sont nettement plus faibles que ceux indiqués par Bâth à savoir : 3,79 et 3,82. Le fait est peut-être la conséquence de la faiblesse des enregistrements.

f) *Les phases suivant l'onde Lg2* : Comme on peut le voir sur le graphique, il n'est plus possible de corrélérer des phases de façon certaine et, par conséquent, de déterminer des vitesses. A titre d'indication, j'ai reporté sur la figure 1 la droite correspondant à la vitesse 3,20 km/s. Une telle vitesse pourrait constituer une valeur moyenne et un certain nombre de phases pourraient être assimilées à l'onde L 3,23 mise en évidence par Bâth.

Il faut noter en particulier que l'onde Rg (3,02 km/s) si nette pour certains séismes normaux doit être considérée comme absente ; une seule observation à M'Bour, déterminée après coup, pourrait être rattachée à cette onde.

g) *Les ondes Lg et analogues enregistrées en Europe*. On constate que la Méditerranée constitue une barrière pour ces ondes qui, en règle générale, n'ont pas été enregistrées en Europe où pourtant fonctionnent un grand nombre de stations équipées de séismographes sensibles à des distances épicentrales très inférieures à celle d'Addis-Abeba. On a là une nouvelle preuve du caractère océanique de l'écorce terrestre pour une grande partie de la Méditerranée occidentale. La comparaison des enregistrements obtenus à distance égale à Bangui et à Garchy est significative (2).

Néanmoins quelques observations doivent être signalées. Le Bulletin de Cartuja indique une onde M à 10 h. 08 mn. 31 s. ce qui correspond à une vitesse moyenne de 3,28 km/s. A Malaga et Tolède des ondes Lg et analogues ont été inscrites sous formes de traces si faibles qu'il est impossible de déterminer des temps d'arrivées. Pour ces 3 stations, la distance de la côte marocaine à la côte espagnole est de l'ordre de 200 km ; il est probable que la distance parcourue dans une écorce à caractère océanique est très inférieure à ce chiffre.

L'inscription obtenue sur le séismographe Sprengnether à moyenne période de Messine est spécialement intéressante. Sur la composante N-S on observe à 10 h. 09 mn. 18 s. le début d'un train d'ondes de période 6 s. suivi 20 secondes plus tard d'un autre train semblable. A 10 h. 10 mn. 00 s. apparaissent les ondes superficielles normales provoquées par l'explosion avec une période de 20 secondes. Bien que l'inscription soit en partie perturbée par un faible séisme proche (iPg 10 h. 06 mn. 39 s. iSg 10 h. 06 mn. 53 s.) il est très probable que la phase survenant à 10 h. 09 mn. 18 s. avant les ondes superficielles normales doit être rattachée à une onde de type Lg en raison de sa période (6 secondes). Or le trajet sous la mer entre le golfe de Gabès et le Sud de la Sicile est de l'ordre de 500 km. Cette unique observation conduit à penser, avec toutes les réserves qui s'imposent, que dans la région intéressée par le trajet indiqué ci-dessus, (déroit de Sicile) l'écorce terrestre sous la Méditerranée ne présente pas le caractère océanique observé en règle générale.

*Manuscrit remis en mai 1964.*

#### BIBLIOGRAPHIE

1. - M. BÂTH - Seismic Channel. Waves New Observations and Discussions, *Gerl. Mitt. Geoph.*, Vol. 68, pp. 360-376, 1959.
2. - M.A. CHOUDHURY et J.P. ROTHÉ - Durée de propagation des ondes P. ; anomalie vers 20°, *Ann. Géophysique*, t. 21, pp. 266-272, 1965.
3. - B. GUTENBERG - Channel Waves in the Earth's Crust, *Geophysics*, 20, pp. 283-294, 1955.
4. - F. PRESS and EWING - Two Slow Surface Waves across North America, *Bull. Soc. Seism. Am.*, Vol. 42, pp. 219-228, 1952.
5. - E.T. SAVARENSKY, N.G. VALDNER - Observations of the Lg and Rg Waves from the Black Sea basin Earthquakes. *Ann. Geofisica*, Vol. XIII, pp. 129-134, 1960.



# MESURES PALÉOMAGNÉTIQUES DANS LE MASSIF DU KAISERSTUHL (PAYS DE BADE) INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE

PAR J. P. LAUER

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

## 1 - INTRODUCTION

Depuis plusieurs années déjà nous poursuivons, grâce à l'aimable bienveillance de Monsieur le Professeur Dr. Dr. h. c. M. Pfannenstiel (Fribourg-en-Brigau), une étude paléomagnétique du complexe volcanique tertiaire du Kaiserstuhl. Ces études ont été largement facilitées par l'existence d'une carte géologique au 1/25000<sup>e</sup>, fruit des études pétrographiques minutieuses effectuées par Monsieur le Professeur Dr. W. Wimmenauer.

Une première partie de ce travail a été publiée (3). Nous nous proposons de présenter ici des mesures nouvelles et d'en déduire quelques conclusions pratiques concernant l'histoire géologique du massif.

Le volcanisme du Kaiserstuhl est intimement lié à la formation du fossé rhénan. Certaines laves à caractère ultrabasique peuvent être considérées, selon W. Wimmenauer, comme provenant directement du manteau supérieur. C'est le cas des néphélinites du Lützelberg qui renferment des rognons d'olivine dont le diamètre atteint plusieurs dizaines de centimètres et dont les constituants métalliques en traces (Chrome en particulier) sont caractéristiques.

L'étude géologique du massif présente de grandes difficultés, l'ensemble étant recouvert d'une épaisse couche de loess. Les formations volcaniques, quand elles sont apparentes, sont rarement très étendues et ont trop souvent un aspect hétérogène-blocklavas, brèches, tufs, agglomérats-avec des coulées ou sills interstratifiés et, surtout vers l'intérieur du massif, des filons-essexites porphyriques, tinguaites-nombreux et denses dont la composition pétrographique et la texture varient rapidement sur des distances de quelques mètres.

Le rôle possible d'une phase hydrothermale -réchauffement tardif, altérations- dont les manifestations sont pourtant très nettes (zéolitisation) est mal précisé.

Des datations par la méthode au Potassium-Argon (4) ont fourni récemment, pour les formations du Kaiserstuhl, un éventail d'âges très large allant de 8,8 à 17,8 millions d'années. Elles attribuent, par exemple, un âge de 13,6 millions d'années à la coulée de limburgite  $\lambda_2$  (Limberg) que nous avons étudiée au point de vue paléomagnétique, alors qu'un tuf phonolitique qui se trouve au-dessus de cette formation fournit un âge de 16,2 millions d'années comme nous l'avons déjà signalé.

De telles anomalies amènent les auteurs à suspecter la valeur brute de certaines de leurs mesures ; après considération des données géologiques, ceux-ci proposent, pour la chronologie des phénomènes volcaniques, le schéma suivant :

- phase principale (téphrites)	18-17,5.10 <sup>6</sup> ans
- phases plus récentes (Limberg, $t_3$ )	16,5.10 <sup>6</sup>
- activité subvolcanique du centre du massif	17,5-16.10 <sup>6</sup>

L'étude paléomagnétique consiste en une mesure des Aimantations Rémanentes Naturelles (ARN). Leur analyse par une désaimantation progressive permet ensuite d'en dégager la partie stable que nous appellerons "aimantation caractéristique".

Pour des matériaux volcaniques, en l'absence des phénomènes perturbateurs connus (coups de foudre, pressions très élevées, altérations chimiques des minéraux ferromagnétiques), les aimantations

tations caractéristiques, si leurs directions sont cohérentes, ne peuvent être assimilées logiquement qu'à des Aimantations Thermorémanentes (ATR) d'origine acquises au moment du refroidissement.

2 - MESURES PALEOMAGNETIQUES AU PIED SUD DU FOHRENBURG PRES D'IHRINGEN

L'affleurement (r ou x = 3397425, h ou y = 5323260) est décrit dans (1) p. 131. La figure 1 schématise la disposition des formations et l'emplacement des points de prélèvement d'échantillons. Un épais filon de la famille des essexites porphyriques (Ep) fait intrusion dans des téphrites à olivine (Tol).

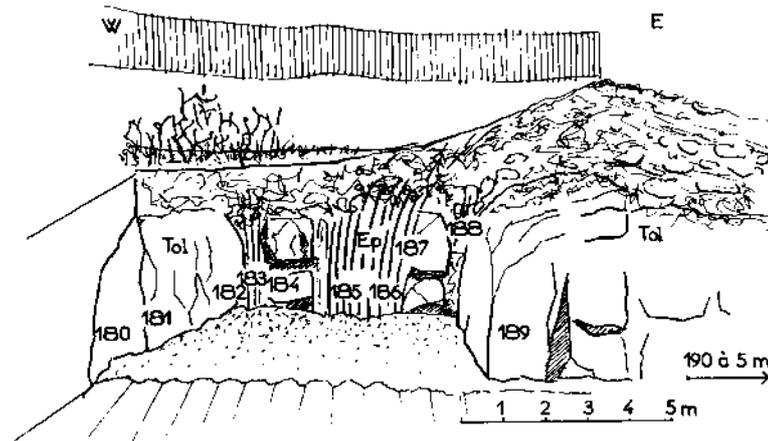


Figure 1 - Pied Sud du Föhrenberg. Schéma de la disposition des formations et situation des points de prélèvement d'échantillons.

Les résultats obtenus ici sont les suivants :

N°	I	D	$\chi \cdot 10^6$	$\frac{\sigma_0}{\chi H}$	Stabilité
180	-33°	208°	1150	1,0	I
181	-39°	194°	1000	1,9	FI à I
181 bis	-41°	189°	1200	1,4	FI à I
182	-41°	189°	840	2,6	FI à I
183	-58°	193°	1250	4,1	S
184	-51°	193°	1150	4,2	FI
185	-49°	200°	1050	2,0	FI à I
186	0°	206°	1220	0,3	I
187	-53°	204°	1050	2,2	FI
188	-58°	193°	1700	3,3	S
189	-40°	195°	900	2,1	FI
190	-42°	190°	750	3,5	S ou TFI

avec :

I = inclinaison de l'aimantation rémanente naturelle (ARN).

D = déclinaison de l'aimantation rémanente naturelle (ARN).

$\chi \cdot 10^6$  = susceptibilité spécifique en uemCGSx10<sup>6</sup> et par gramme mesurée dans le champ magnétique terrestre total H.

$\frac{\sigma_0}{\chi H}$  = Q (facteur de Koenigsberger), où H = champ terrestre total (soit 0,47 Oe environ) et  $\sigma_0$  = ARN.

S = stable.

TFI = très faiblement instable.

Les erreurs absolues sur les angles sont de l'ordre de 2°. Elles peuvent atteindre 10 % en valeur relative pour les susceptibilités.

La densité de l'échantillon 181 bis est, par exemple, de 2,97 ; sa susceptibilité  $k$  est donc de  $3550,10^{-6}$  uemCGS/cm<sup>3</sup> environ.

Le tableau des directions des ARN montre que, pour le filon Ep et la zone qui a subi son influence thermique, les inclinaisons sont plus fortes (en valeur absolue) et les susceptibilités ont une tendance à être plus élevées que pour la coulée Tol. Les déclinaisons sont cependant voisines pour ces deux formations.

Ce résultat est confirmé par les désaimantations en champ alternatif. Nous sommes ainsi conduits à adopter, pour la partie stable des aimantations ("aimantation caractéristique"), les directions suivantes :

coulée inférieure Tol	I = -44° ± 1°	D = 190° ± 2°
intrusion Ep	I = -58° ± 1°	D = 193° ± 2°

Dans ces conditions, si nous admettons que les aimantations caractéristiques correspondent aux Aimantations Thermorémanentes (ATR) d'origine et si nous rapportons les directions de ces aimantations à la direction du champ magnétique terrestre existant au moment du refroidissement, nous ne pouvons qu'énoncer les conclusions suivantes :

1/ Si aucune des deux formations (coulée et intrusion) n'a été basculée ou si elles ont été basculées simultanément, alors elles se sont mises en place à des périodes différentes. Il n'est pas possible actuellement de chiffrer le laps de temps qui s'est écoulé entre ces deux périodes de mise en place.

2/ La mise en place n'a pu avoir lieu quasi-simultanément que si la coulée de téphrites a été basculée vers le Sud d'environ 14° avant l'intrusion des essexites porphyriques.

### 3 - ETUDE PALEOMAGNETIQUE DES FORMATIONS DE LA REGION SPONECK-HUMBERG

Le volcanisme de cette région a récemment fait l'objet d'une étude minutieuse de J. Keller (2). Les résultats de ce travail sont schématisés par notre figure 2.

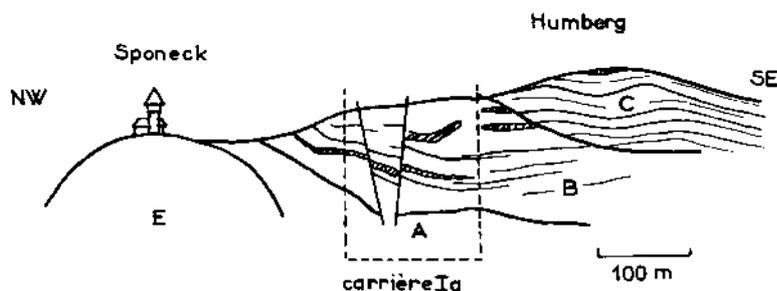


Figure 2 - Schéma de la disposition des formations de la région Sponeck-Humberg (d'après J. Keller).

On rencontre, adossées au dôme essexitique du Sponeck (E), trois formations superposées A, B et C à constitution téphritique. La formation A, mal définie quant à sa nature, nous paraît correspondre dans sa partie inférieure, macroscopiquement compacte et homogène, à une coulée.

La formation B (voir (3) p. 110) est un empilement d'agglomérats de scories de projection (Wurfschlackenagglomerate) avec de nombreux sills. Dans la carrière la G. Stober (6) a décrit un ensemble de failles subverticales qui traversent cette formation. Ces failles sont plus jeunes que les sills ou de même âge. Le centre éruptif se situerait à 200 ou 250 m au SW de la paroi de la carrière Ia.

La formation C présente la coupe d'un cône de scories de projection dont le centre éruptif se situerait à quelques dizaines de mètres au NE.

D'après J. Keller, les formations A, B et C se sont succédées dans cet ordre, une période de morcellement tectonique et d'érosion séparant B et C.

L'intrusion des essexites se placerait chronologiquement au niveau des formations A et B, sans qu'il soit possible de préciser son âge relatif et les basculements qui auraient pu se produire.

La datation par la méthode K-Ar d'échantillons de la partie inférieure de A a fourni un âge de 8,8 à 10,6 millions d'années (4).

Les résultats de notre étude sont les suivants :

a) Formation E : essexite du Sponeck (ARN)

N°	I	D	$\chi \cdot 10^6$	$\frac{\sigma_0}{\chi H}$	Stabilité
131	+28°	51°	1 300	0,4	TI
132	+34°	63°	1 400	0,4	I
133	-45°	84°	980	0,3	FI à I
134	+ 6°	60°	1 300	0,3	TI
135	+53°	27°	2 300	0,3	TI
135 bis	+59°	17°	2 500	0,3	TI
135 ter	+45°	16°	2 500	0,3	TI
135 quarte	+45°	29°	2 100	0,2	TI
136	+50°	17°	2 500	0,3	TI

Un échantillon noté F a été prélevé dans le "filon" Ep derrière la maison qui se trouve à environ 300 m au Nord du Sponeck. Cet affleurement pourrait être, d'après J. Keller, l'extrémité Nord de l'intrusion essexitique du Sponeck elle-même. Cet échantillon orienté très grossièrement (précision :  $\pm 5$  à  $10^\circ$ ) a donné :

F	-62°	104°	760	2,7	S ou TFI
---	------	------	-----	-----	----------

Bien que la précision soit faible, ces résultats sont tout à fait similaires à ceux qui correspondent à l'aimantation caractéristique du massif d'essexite (figure 3). L'appartenance des deux formations à une même unité s'en trouve donc encore affirmée.

b) Formation A (téphrites), partie inférieure de Ia (ARN)

N°	I	D	$\chi \cdot 10^6$	$\frac{\sigma_0}{\chi H}$	Stabilité
192	-14°	79°	1 250	0,9	I
192 bis	- 9°	68°	1 050	0,9	I
193	+ 6°	88°	750	0,6	TI
194	-18°	108°	900	0,9	J
194 bis	-32°	111°	1 000	0,8	I
195	-27°	93°	1 200	0,5	I
196	- 3°	90°	1 100	0,5	I
196 bis	-28°	83°	1 200	0,5	I

La densité de l'échantillon 192 a été trouvée égale à 2,90. Sa susceptibilité k est donc de 3 600 uemCGS/cm<sup>3</sup> environ.

c) Formation B (sills téphritiques) (ARN)

Il s'agit de deux sills situés en haut à droite de la carrière Ia.

1<sup>er</sup> sill :

N°	I	D	$\chi \cdot 10^6$	$\frac{\sigma_0}{\chi H}$	Stabilité
197	-19°	102°	1 050	0,6	I
198	0°	102°	950	0,8	I
198 bis	-19°	91°	1 000	0,8	I
199	+ 3°	94°	1 000	0,7	TI
200	-11°	96°	950	0,7	I

2ème sill :

N°	I	D	$\chi \cdot 10^6$	$\frac{\sigma_0}{\chi H}$	Stabilité
201	+ 1°	76°	1200	0,7	TI
202	-22°	83°	1150	0,7	I

d) Formation C (Humberg, carrière Ib)

Cette formation a déjà été étudiée antérieurement ((3), p. 286). La faiblesse des aimantations rémanentes et leur grande instabilité ne nous a pas permis de déterminer la direction de l'aimantation caractéristique avec une grande précision.

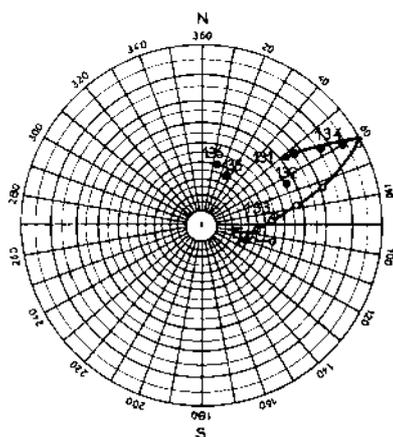


Figure 3 - Projection stéréographique sur le plan horizontal des directions de l'Aimantation Rémanente Naturelle de quelques échantillons d'essexite du Sponeck. Désaimantation progressive de l'échantillon 131.

● = aimantation normale (vers le bas)  
○ = aimantation inversée (vers le haut)

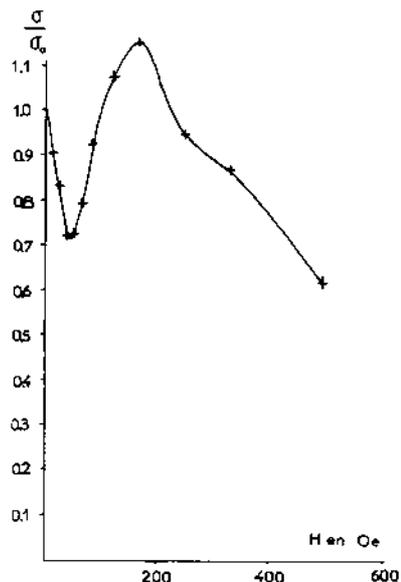


Figure 4 - Variation relative du module du vecteur aimantation rémanente de l'échantillon 131 en fonction de la valeur du champ alternatif démagnétisant (valeur de crête).

Après étude des désaimantations, les directions des aimantations caractéristiques pour l'ensemble des formations de la région Sponeck-Humberg sont les suivantes :

Formation C	I =	D =
" B : 2ème sill	-55° ± 6°	133° ± 8°
" " 1er sill	-48° ± 3°	88° ± 10°
" A	-48° ± 2°	120° ± 3°
" E	-53° ± 2°	120° ± 6°
	-57° ± 4°	109° ± 5°

La désaimantation de l'échantillon 131 est un exemple-type de désaimantation pour ces échantillons qui présentent une grande instabilité ; l'évolution du vecteur aimantation rémanente est telle que l'inclinaison passe de +28° à -61° (figure 3).

Etant données la direction du champ terrestre actuel et la direction de l'ARN, on peut construire a priori le chemin que doit parcourir l'extrémité du vecteur aimantation rémanente en admettant que la désaimantation affecte en premier lieu la composante visqueuse qui est parallèle au champ terrestre actuel. L'expérience a montré que l'extrémité du vecteur aimantation rémanente suit exactement, sur la projection stéréographique, l'arc de cercle ainsi déterminé.

De même, si l'on étudie la variation du module de ce vecteur en fonction du champ démagnétisant (figure 4,  $\sigma_0 = 2,32 \cdot 10^{-4}$  uemCGS/g) on constate une première diminution due à la di-

minution de l'aimantation visqueuse prépondérante opposée à l'aimantation caractéristique. Puis cette dernière devient elle-même prépondérante. Au-delà de 160 Oe, il n'y a plus d'aimantation visqueuse et l'aimantation caractéristique est à son tour détruite par la désaimantation progressive.

Au-delà de 400 Oe, le module du vecteur devient très petit. La précision sur les angles I et D diminue alors rapidement, elle aussi, et les risques d'aimantations parasites (aimantation anhystérique) augmentent.

On conçoit donc que les fortes instabilités augmentent les erreurs sur I et D et, de façon très générale, le temps nécessaire à l'étude paléomagnétique des échantillons. L'exemple de l'échantillon 131 montre cependant que cette désaimantation est indispensable : elle seule, en effet, permet ici de montrer que l'aimantation caractéristique est inversée.

L'étude de l'aimantation des formations volcaniques de la région Sponeck-Humberg nous amène ainsi à définir, pour la partie stable de cette aimantation, une direction qui ne ressemble à aucune de celles trouvées jusqu'à présent pour les autres formations du Kaiserstuhl. Par ailleurs, une telle direction (D de 88° à 133°) est, d'après ce que nous connaissons de l'évolution du champ magnétique terrestre (5), exceptionnelle au Tertiaire.

En partant des hypothèses déjà formulées plus haut, nous pouvons énoncer les conclusions suivantes :

1/ la mise en place des formations de la région Sponeck-Humberg n'est contemporaine, au sens strict, d'aucune de celles des différentes formations étudiées par nous dans le Kaiserstuhl jusqu'à présent.

2/ La mise en place de l'ensemble de ces formations (A, B, C et E) s'est effectuée dans un laps de temps relativement court, à l'échelle du siècle.

3/ Les sills de la formation B ne se sont pas tous mis en place simultanément.

4/ Un basculement d'une dizaine de degrés vers le SE des formations A et B a pu avoir lieu avant la mise en place de C. Cependant, la faible précision des résultats ne nous permet pas, dans l'état actuel des choses, d'être plus affirmatif à ce sujet. Ce même impératif de la précision ne nous permet pas encore non plus de conclure quant à l'appartenance au grand dôme du Sponeck de l'affleurement essexitique situé à 300 m au Nord du Château. De fortes présomptions existent cependant dans ce sens. Le problème de la nature intrusive ou non des essexites devrait pouvoir être résolu ici.

#### 4 - APERÇU SUR LES RESULTATS ACTUELS DE L'ETUDE PALEOMAGNETIQUE DU KAISERSTUHL

Le travail de J. Keller a apporté quelques idées nouvelles dont l'application à nos études est intéressante :

- la mise en évidence de sills explique les pendages apparents importants que l'on peut observer quelquefois sans que les formations considérées aient subi un basculement. Elle explique également pourquoi des formations superposées peuvent avoir une même direction d'aimantation : plusieurs sills peuvent en effet faire intrusion simultanément, alors que des coulées superposées se sont nécessairement succédées dans le temps (Ex. : dans (3), Büchsenberg, p. 289).

- L'étude pétrographique des brèches a montré que dans certains cas il pouvait s'agir de lambeaux de lave encore visqueuse au moment de toucher le sol, épousant alors les aspérités de celui-ci. Ces propriétés expliquent pourquoi l'aimantation peut quelquefois être très cohérente même pour des formations à l'aspect bréchique et hétérogène (Ex. : dans (3), Humberg, p. 286).

La figure 5 donne un aperçu sur les directions de l'aimantation caractéristique de 15 formations isolées de la partie Ouest du Kaiserstuhl. Un certain nombre d'autres formations n'ont été que "testées" au cours d'une étude rapide (Ex. : téphrites des Galgenberg, Edelberg, Steingrubenberg, phonolite et Ep du Kirchberg de Niederrotweil, Ep de la région Kiechlingsbergen-Oberbergen, téphrites de Tiefental et Liliental, etc.).

Aucune formation à aimantation positive et à direction normale n'a été trouvée à ce jour (1.1.67).

L'instabilité est presque générale. Les échantillons les plus stables semblent être ceux qui se sont refroidis le plus rapidement.

Les susceptibilités varient souvent plus à l'intérieur d'une même formation que d'une formation à l'autre. Les susceptibilités les plus fortes se rencontrent dans les échantillons possédant les plus faibles aimantations caractéristiques et qui sont très généralement instables.

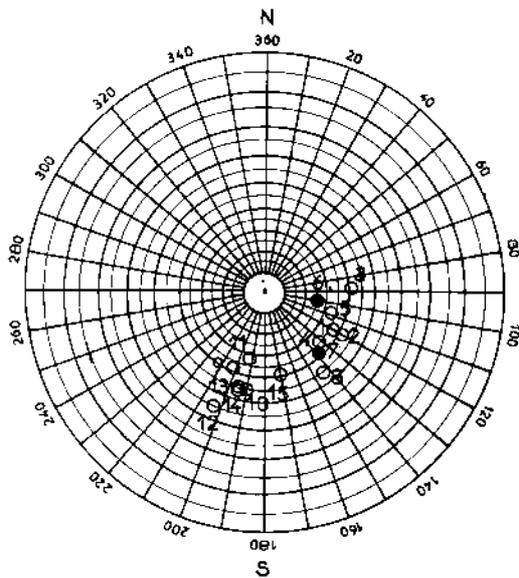


Figure 5 - Projection stéréographique des directions des aimantations caractéristiques de quelques formations du Kaiserstuhl.

● - hémisphère inférieur  
○ = hémisphère supérieur

1 = Humberg A ; 2 = Humberg B, 1<sup>er</sup> sill ; 3 = Humberg B, 2<sup>ème</sup> sill ; 4 = Humberg C ; 5 = Sponeck E ; 6 = Lützelberg  $\beta_1$  ; 7 = Lützelberg  $\beta_2$  ; 8 = Limberg  $\lambda_1$  ; 9 = Limberg  $\lambda_2$  ; 10 = Föhrenberg Tol ; 11 = Föhrenberg Ep ; 12 = Büchsenberg moyen ; 13 = Büchsenberg inférieur ; 14 = Schlossberg d'Achkarren (chemin) ; 15 = Schlossberg d'Achkarren (carrière, base).

Une aimantation de nature indéterminée, faiblement inclinée sur l'horizontale et dont la présence semble liée à la coloration rouge des roches qui la portent, a été mise en évidence.

La grande variété des directions d'aimantation montre que l'activité volcanique du Kaiserstuhl s'est manifestée en plusieurs phases, comme l'a indiqué W. Wimmenauer, et qu'elle a pu s'étaler sur une période éventuellement assez longue.

En continuant ces recherches nous espérons parvenir à préciser les évolutions du champ magnétique terrestre durant cette partie du Tertiaire, ce qui faciliterait grandement l'étude chronologique des phénomènes volcaniques.

Il m'est agréable de remercier Monsieur le Professeur J. P. Rothé et Monsieur le Professeur A. Roche. Les conseils et les encouragements qu'ils m'ont prodigués m'ont été particulièrement précieux.

#### BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. - Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls, 1/25 000<sup>e</sup>, 1957. - Erläuterungen - Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.
2. - J. KELLER - Zur Vulkanologie des Burkheim-Sponeck-Gebietes im westlichen Kaiserstuhl, *Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, 54, Freiburg i. Br., 1964, pp. 107-130.
3. - J. P. LAUER - Etude paléomagnétique de quelques affleurements volcaniques du Kaiserstuhl, *Berichte Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, 54, Freiburg i. Br., 1964, pp. 279-296.
4. - H. J. LIPPOLT, W. GENTNER et W. WIMMENAUER - Alterbestimmungen nach der K-Ar-Methode an tertiären Eruptivgesteinen Südwestdeutschlands, *Jahreshefte Geol. Land. Bad. - Württemberg*, 6, Freiburg i. Br., 1963, pp. 507-538.
5. - A. ROCHE - Etude sur l'aimantation des roches volcaniques tertiaires d'Auvergne et du Velay, Thèse, Paris, 1953.
6. - G. STÖBER - Kleintektonische Untersuchungen im Gebiet des Kaiserstuhles und des Limberges, Inaug. Diss., Freiburg i. Br., 1955 (note dactylographiée).



# ÉTUDE MAGNÉTIQUE DU FOSSÉ RHÉNAV

## (1<sup>ère</sup> partie)

PAR A. ROCHE, A. ROUBERTOU ET H. SAIAGH

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

### INTRODUCTION

PAR A. ROCHE

Dans le cadre général du Projet d'études du Manteau Supérieur, une attention particulière a été portée au problème des Rifts. Parmi ceux-ci le Fossé Rhénan est l'un des mieux caractérisés. Une série d'études a été entreprise à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg pour préciser la connaissance du substratum du Fossé et ses rapports avec le Manteau. Dans le domaine particulier du Magnétisme, nous nous sommes fixés les buts suivants :

1/ améliorer la connaissance des anomalies magnétiques par des prospections exécutées au sol avec des magnétomètres mesurant l'intensité totale du champ ou ses composantes verticale et horizontale. Dans un premier stade, ces prospections sont faites dans des zones présentant un intérêt particulier (seuil d'Erstein et partie Nord de l'Alsace). Elles seront étendues progressivement à d'autres zones puis à l'ensemble de la plaine d'Alsace.

2/ A l'aide des mesures exécutées au Laboratoire de Paléomagnétisme sur des échantillons pris en surface ou provenant de forages, établir une documentation sur les caractères magnétiques (susceptibilité, aimantation rémanente) des diverses couches de terrain de manière à réunir tous les éléments permettant une interprétation aussi rigoureuse que possible des anomalies observées.

3/ L'interprétation ainsi effectuée permettant de concevoir certains schémas structuraux, choisir parmi tous les schémas possibles du point de vue magnétique ceux qui paraissent s'accorder au mieux avec les données obtenues par les autres méthodes géophysiques (sismologie, gravimétrie, etc.) et les méthodes purement géologiques.

Les travaux exposés ci-après ont été conduits conformément à ces directives. Toutefois on a volontairement réduit la partie correspondant à l'interprétation, en se réservant de la développer ultérieurement lorsque des données plus nombreuses auront été réunies sur l'ensemble du Fossé. Ces travaux ont grandement bénéficié des études effectuées par J.P. Rothé ou sous sa direction à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg. L'interprétation des résultats a été facilitée par l'existence de cartes ou de profils magnétiques et gravimétriques antérieurs qui ont permis des comparaisons fructueuses.

## ÉTUDE MAGNÉTIQUE DE LA ZONE NORD DE L'ALSACE

PAR A. ROUBERTOU

Dans le cadre général d'une étude du Fossé Rhénan nous nous sommes proposés de préciser les anomalies magnétiques existant dans la zone Nord de l'Alsace en vue de leur interprétation.

La zone examinée est limitée au Nord par la frontière, à l'Est par le Rhin, au Sud par le parallèle de Bischwiller, à l'Ouest approximativement par la ligne Ingwiller-Lembach.

Les travaux antérieurs relatifs à cette zone sont :

a) ceux de J.P. Rothé (1) qui a mis en évidence l'influence de la faille Vosgienne, et le caractère inversé du pointement basaltique de Gundershoffen.

b) Ceux d'Alexanian (2) qui a donné une carte d'anomalies de la composante verticale à partir de stations exécutées à la balance de Haalck et distantes les unes des autres de 2 à 3 km.

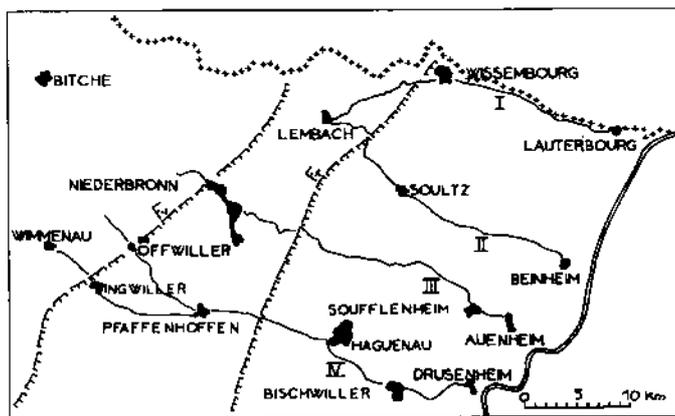


Figure 1 - Implantation des profils.

perpendiculaires à l'axe du Fossé (figure 1). Suivant chaque profil les stations sont distantes de 2 km dans la plaine et de 1 km dans les collines sous-vosgiennes ; la station géophysique de Griesheim-Mittelhausbergen (X = 993,370 ; Y = 115,230 Lambert 1, zone Nord), a été choisie comme base.

Une deuxième série de mesures a été effectuée dans une zone appartenant au champ de fractures de Saverne et comprise entre les méridiens  $\lambda_1 = 7^{\circ}30'$  et  $\lambda_2 = 7^{\circ}45'$  Est Greenwich et les parallèles  $L_1 = 48^{\circ}50'$  et  $L_2 = 49^{\circ}00'$ .

Ces mesures ont été rapportées à une base secondaire choisie près de Pfaffenhoffen (X = 989,600 ; Y = 140,680 Lambert 1, Zone Nord).

Elles sont alignées suivant des profils ayant soit la direction Nord-Sud, soit la direction approximativement perpendiculaire à la faille vosgienne. L'espacement des stations est de 1 km suivant les profils ; chaque sortie sur le terrain se faisant en partant de la base et en se référant sur cette base.

Les valeurs brutes obtenues aux diverses stations ont été corrigées de la variation diurne en utilisant les enregistrements de Chambon-la-Forêt mis à notre disposition par Monsieur Le Borgne, et des effets de latitude et de longitude en utilisant la formule établie pour la plaine d'Alsace par H. Saïagh (6) :  $F(\text{gammas}) = 46775 + 263,5 \Delta\varphi - 17,5 \Delta\lambda$ , ou  $\Delta\varphi$  représente la variation en latitude et  $\Delta\lambda$  la variation de longitude, exprimées en grades. La base secondaire raccordée à la base principale présente, toutes corrections faites, la différence - 73 gammas par rapport à cette dernière.

Pour pouvoir comparer entre eux les profils transversaux correspondant à la 1<sup>ère</sup> série de mesures, on les a projetés sur une direction moyenne d'azimuth  $107^{\circ}30'$ . Les profils correspondant à la 2<sup>ème</sup> série de mesures ont été utilisés pour établir une carte d'anomalies (figure 2).

Résultats : les profils transversaux mettent en évidence, d'Ouest en Est:

- 1/ Un maximum plus ou moins accusé correspondant selon les cas au Hohwald (profils I et II) ou au champ de fractures (profils III et IV).
- 2/ Un minimum peu marqué dans le profil I, très net dans les autres.
- 3/ Un maximum secondaire correspondant au horst de Soufflenheim.
- 4/ Un minimum vers le Rhin qui s'accroît du Sud au Nord et qui semble indiquer la présence d'un fossé dans le substratum.

L'examen de la carte (figure 3) précise l'allure du maximum principal noté sur les profils dans la région du champ de fractures. Ce maximum correspond au prolongement de l'anomalie de Saverne (J.J. Walch (5)).

Il est coupé dans la région de Reichshoffen par un important minimum bien visible sur le profil n° III et dont l'axe est sensiblement NO-SE ; cet axe passe dans le voisinage immédiat du neck basaltique de Gundershoffen étudié par J.P. Rothé (1).

c) Ceux de Reich (3) qui a lui aussi donné une carte d'anomalies de la composante verticale.

d) Ceux de la S.A.P.A. (4) qui a établi une carte d'anomalies magnétiques en champ total à partir de mesures aéroportées exécutées à l'altitude de 600 m suivant des profils espacés les uns des autres de 2 km.

e) Ceux de la C.G.G. (carte aéromagnétique de France).

Notre prospection a eu pour but de définir les anomalies en champ total observées au sol. Elle a été exécutée à l'aide d'un magnétomètre à protons Sud-Aviation type MP 102.

Une première série de mesures a été effectuée suivant des profils de direction WNW-ESE, approximativement

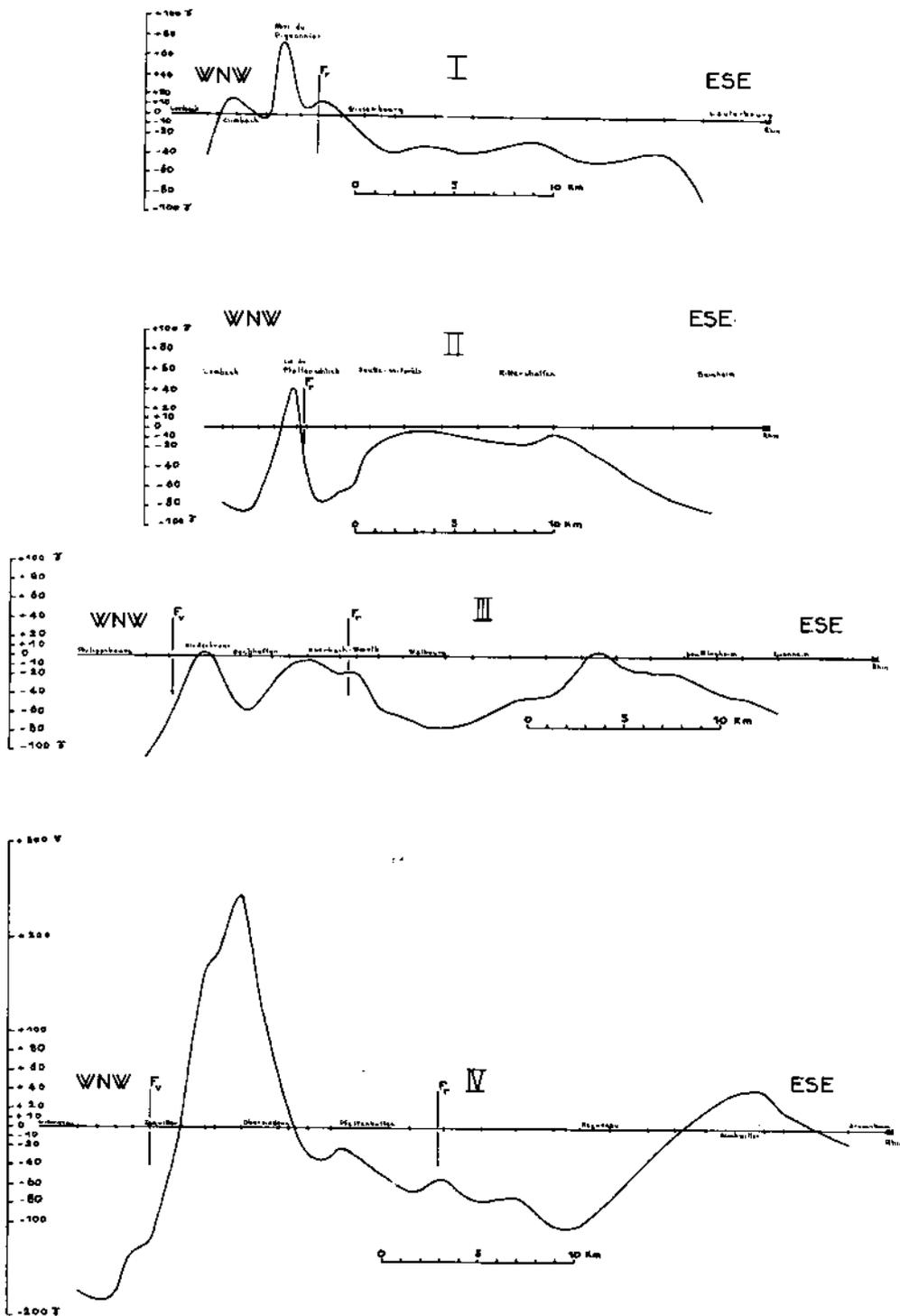


Figure 2 - Anomalies magnétiques (champ total).

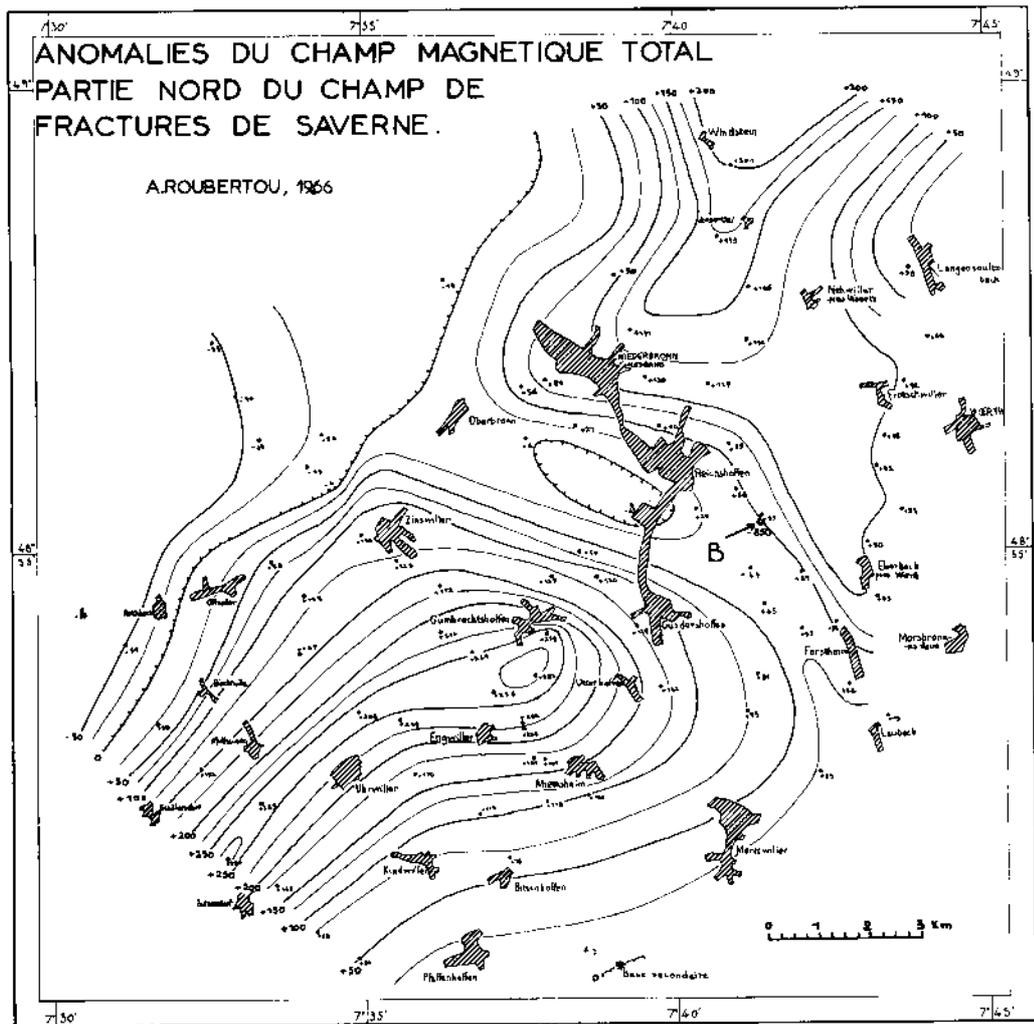


Figure 3 - Profils magnétique au sol (champ total) : partie Nord du champ de fractures de Saverne.

On peut supposer qu'il correspond sur toute sa longueur à la présence, dans le sous-sol, de basalte à aimantation inverse dont le pointement de Gundershoffen serait la seule manifestation de surface.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. - J.P. ROTHE - Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre, *Annales Inst. Phys. Globe Paris*, Tome 15, p. 46-48, PARIS, 1937.
2. - C. ALEXANIAN - Etude Magnétique en Alsace ; Interprétation géologique des mesures, Thèse Paris, Série A, N° 1688 p. 142, 1937.
3. - H. REICH - Carte magnétique, 1941.

4. - Soc. Anon. Prosp. Aéroportée : carte aéromagnétique 1956. (Archives du Bureau de Rech. Géologiques et minières, Paris).
5. - J.J. WALCH - La prospection magnétique aéroportée ; Son application à l'étude des anomalies du Nord des Vosges, Diplôme d'Ingénieur-Géophysicien N° 124, Institut de Physique du Globe Strasbourg, 1966.
6. - H. SAIAGH - Prospection magnétique en Alsace ; Son application à l'étude du Seuil d'Erstein, Diplôme d'Ingénieur-Géophysicien N° 126, Institut de Physique du Globe Strasbourg, 1967.

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU SEUIL D'ERSTEIN

PAR H. SAIAGH

### I. - INTRODUCTION

Entre 1930 et 1937 Alexanian (1) (2) s'est penché sur l'étude du magnétisme dans la plaine d'Alsace et en particulier sur l'interprétation des anomalies magnétiques pour évaluer la nature magnétique, les dimensions et la profondeur approximative des structures susceptibles de donner naissance à la distribution de ces anomalies sur le terrain, c'est-à-dire en fait, à donner une interprétation quantitative plutôt que qualitative de cette carte magnétique.

Ce travail considérable comportait des mesures relatives de la composante verticale en plus de 503 stations, exécutées au variomètre magnétique sur toute l'étendue de la plaine d'Alsace et du versant Est des Vosges. Il a contribué à mettre en évidence dans la plaine d'Alsace une succession d'anomalies positives et négatives formant autant de "seuils" et de "bassins" qui ont aussi été délimités par d'autres méthodes géophysiques (prospections gravimétriques et sismiques) et précisés par des forages profonds.

Le présent travail consiste à étudier plus particulièrement une de ces zones : le "Seuil d'Erstein" en y reprenant certaines stations d'Alexanian et en y ajoutant d'autres, de façon à obtenir un réseau plus dense, d'où une carte plus détaillée.

Il a été fait des mesures de la composante verticale que l'on peut comparer aux valeurs données par Alexanian ; par ailleurs, une étude du champ total est intéressante, la carte magnétique aéroportée de la France (en F) permettant une comparaison des résultats.

Les limites de cette prospection, s'étendant sur une superficie d'environ 560 kilomètres carrés, sont les suivantes : Latitude Nord 48°19' à 48°34' ; Longitude Est 7°29' à 7°45'.

### II - METHODE DE TRAVAIL ET RESULTATS

#### 1 - Appareils utilisés

A) Pour effectuer les mesures de la composante verticale du champ magnétique terrestre, j'ai utilisé la B.M.Z. N° 252 de l'Institut Danois de Copenhague qui donne des valeurs absolues de cette composante par une méthode de zéro.

B) Pour la mesure du champ total F j'ai utilisé le magnétomètre "Sud-Aviation" type MP 101 qui donne les valeurs absolues de ce champ total par lecture directe (3).

#### 2 - Choix des stations

Sur les 80 stations d'Alexanian disséminées dans la région, j'en ai gardé 30, choisies de façon à obtenir une densité aussi uniforme que possible ; 20 autres stations d'Alexanian ont été conservées à l'extérieur de la zone étudiée pour effectuer les corrections magnétiques en fonction des coordonnées géographiques : 10 points au Nord de la région et recouvrant une surface approximativement égale à celle-ci ; de même pour les 10 points au Sud.

### 3 - Conception des réseaux

Les différents points se répartissent en trois réseaux :

A) Un réseau de premier ordre comprenant cinq points de base (dont la base principale) à l'intérieur de la zone et deux autres points, l'un au Sud et l'autre au Nord ; ces deux derniers points étant les bases d'un réseau de stations utilisées pour la réduction des mesures (le point au Sud s'identifiant à la base principale choisie par Alexanian pour la plaine d'Alsace).

Les cinq points répartis aussi uniformément que possible à l'intérieur de la zone sont constitués par la base principale centrale Ao (choisie à peu près au centre de la carte) et quatre autres bases secondaires Bo, Co, Do, Eo ; les deux autres bases extérieures à la zone sont notées Fo et Go.

B) Un réseau de second ordre constitué par les trente points relevés sur la carte d'Alexanian. Il comprend, bien entendu, les cinq bases et autour de chacune de ces bases, répartis uniformément, cinq autres points notés :

pour la base Ao : A1, A2, A3, A4, A5  
pour la base Bo : B1, B2, B3, B4, B5  
pour la base Co : C1, C2, C3, C4, C5  
pour la base Do : D1, D2, D3, D4, D5  
pour la base Eo : E1, E2, E3, E4, E5

L'espacement moyen de ces points est d'environ quatre kilomètres.

Ceci donne un total de trente points auxquels il faut ajouter vingt autres points : dix au Nord de la zone, constitués par la base Fo entourée de neuf stations, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9, répartis aussi régulièrement que possible ; et dix points au Sud de la zone ; la base Go entourée de neuf stations, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9.

C) Un réseau de troisième ordre qui comporte en plus des trente points précités (utilisés cette fois-ci comme bases) cent vingt points choisis de façon à quadriller la zone uniformément ; soit donc cent cinquante points au total.

L'espacement moyen de ces points est d'environ 1,5 km.

Chacun des trente points du réseau de deuxième ordre est utilisé comme base pour le réseau du troisième ordre, ce qui fait que j'ai adopté une notation indicielle pour les distinguer ; chaque point du réseau du troisième ordre est nommé par la lettre et l'indice indiquant la base dont il dépend ; le deuxième indice le distingue parmi les autres points dépendant de la même base.

Exemple : B43 : point dépendant de la base B4 et portant le numéro 3.

### 4 - Mode d'exécution

Le réseau de premier ordre a été effectué à la B.M.Z. ; il m'a servi à relier entre elles les cinq bases principales à l'intérieur de la zone étudiée, et les deux autres bases principales à l'extérieur. Ces mesures ont été faites le 29 juin 1965 : parti de Ao, j'ai formé une boucle en passant successivement par Do, Go, Co, Eo, Fo et retour en Ao.

Le réseau du second ordre, effectué simultanément à la B.M.Z. et au magnétomètre à protons, comportait des boucles de six stations avec pour bases origines les points cités ci-dessus (et des boucles de dix stations pour les deux bases origines extérieures à la zone). Soit au total cinquante stations effectuées durant les journées des 6, 7, 8, 9 et 12 juillet 1965.

Pour terminer enfin, le réseau de troisième ordre effectué uniquement au magnétomètre à protons avec pour base origine chacune des trente stations précitées, et des boucles comportant chacune cinq points de mesure ; soit au total cent cinquante stations exécutées durant les journées des 12, 20, 22, 23, 26 juillet 1965.

### 5 - Correction de variation diurne

Pour corriger les valeurs trouvées de la variation diurne, j'ai utilisé les enregistrements envoyés par la station magnétique de Chambon-La-Forêt.

Toutes les valeurs ont été ramenées à la valeur moyenne calculée à Chambon pour la période du 1.7.1964 au 30.6.1965. Ces valeurs sont :

F 1965,0 = 46 567 gammas  
 Z 1965,0 = 41 874 gammas

Précision des mesures

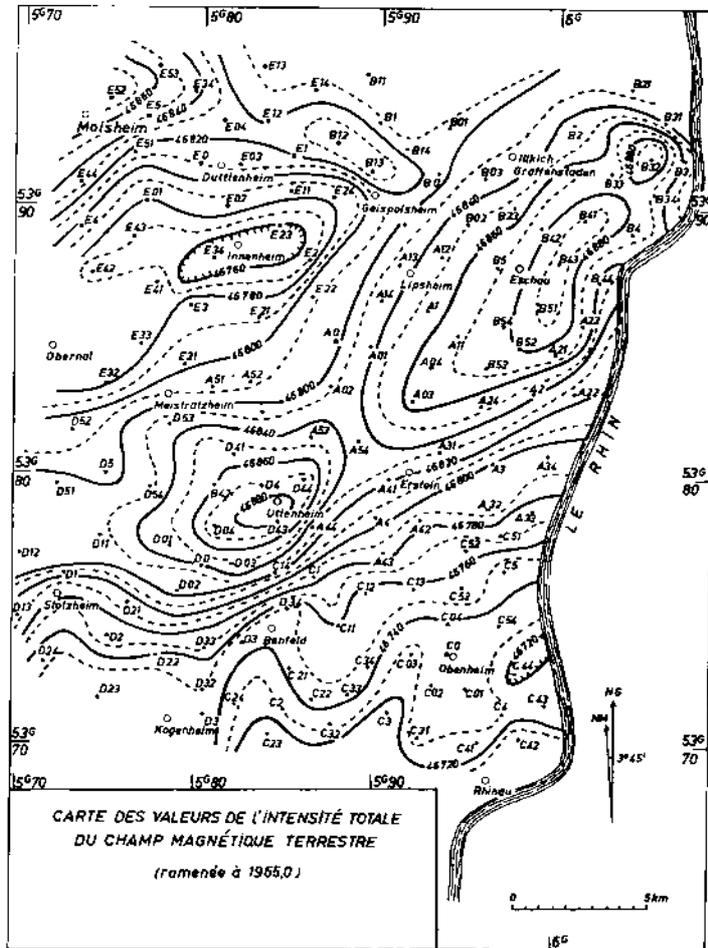


Figure 4

On sait que cette variation est de la forme :

$$F = F_0 + a \Delta\varphi + b \Delta\lambda + \dots$$

si on se limite aux termes de premier ordre, ce qui doit être suffisant pour le cas du présent travail. Il faut donc déterminer  $F_0$ ,  $a$  et  $b$  afin de calculer en chaque point la valeur de  $F$ , l'anomalie en ce point étant alors égale à :

$$F \text{ observé} - F \text{ calculé}$$

Pour cela on utilise donc les valeurs de  $F$  observé, non seulement à l'intérieur de la zone étudiée, mais aussi à l'extérieur de celle-ci ; en effet, ceci est nécessaire pour faire ressortir l'anomalie centrale par rapport à l'ensemble de la zone moyenne de la plaine d'Alsace.

Il faut disposer d'un réseau uniforme de points ; or, à l'intérieur de la zone, il y a cent cinquante points mesurés et seulement dix points au Nord et dix points au Sud de cette zone. Il convient donc, pour avoir une densité uniforme, de ramener à dix points également ces cent cinquante stations. Pour cela j'ai partagé la région, par un quadrillage, en dix parties de superficie

Il aurait été évidemment préférable d'utiliser, pour ces corrections de variation diurne, une station fixe installée sur les lieux mêmes de la prospection. Cependant, en comparant les enregistrements entre une telle station, et ceux de Chambon, situé environ à la même latitude, pour 4 journées, j'ai constaté que l'écart moyen entre les 2 enregistrements, ne dépassait pas 2 gammas. Quelle est alors l'influence de cette erreur sur la précision des mesures ?

Celle-ci peut être déterminée en comparant les valeurs trouvées en une même station, lors des différents passages avec le même appareil pendant la prospection.

Pour  $F$  cette précision a été trouvée égale à 3  $\gamma$  et pour  $Z$  égale à 4  $\gamma$ . Il semble donc que l'erreur due à ce mode de correction de variation diurne ait joué pour moitié environ dans la précision des mesures.

#### 6 - Méthode de correction en latitude et en longitude

##### A) Application au champ total

Les valeurs brutes obtenues, il s'agit à présent de les corriger d'une variation en latitude et en longitude.

approximativement égale, ou "districts" et, par des moyennes, j'ai déterminé une station "idéale" dont la latitude et la longitude résultent de la moyenne des latitudes et longitudes des points contenus dans le "district", la valeur du champ total étant aussi une moyenne du champ total de toutes les stations du "district" (voir tableau de mesures). J'ai ainsi déterminé dix stations "idéales" (une par "district") réparties uniformément sur la région à étudier, ce qui me donnait au total trente points pour faire cette réduction en latitude et longitude.

Il fallait évidemment prendre une origine de latitude et longitude ; j'ai choisi la station principale  $A_0$  située approximativement au centre de la région d'où la détermination de :

$$\Delta\varphi = \varphi_s - \varphi_{A_0} \quad \text{et} \quad \Delta\lambda = \lambda_s - \lambda_{A_0}$$

avec  $\varphi_{A_0} = 53^{\circ},850$  et  $\lambda_{A_0} = 5^{\circ},879$  Est de Paris

pour toutes ces trente stations.

Pour déterminer les valeurs de  $F_0$ ,  $a$  et  $b$ , j'ai utilisé la méthode des moindres carrés, adaptée au problème présent.

Les calculs ont donné :

$$F \text{ calculé } (\gamma) = 46\,775 + 263,5 \Delta\varphi - 17,5 \Delta\lambda$$

avec  $\Delta\varphi$  et  $\Delta\lambda$  exprimés en grades.

B) Application à la composante verticale

La même méthode a donné pour  $Z$  :

$$Z \text{ calculé } (\gamma) = 42\,155 + 292,2 \Delta\varphi - 33,4 \Delta\lambda$$

Remarque :

Il est intéressant de comparer la formule de  $F$  calculé ainsi, avec celle qui est donnée pour l'ensemble de la France (4).

$$F (\gamma) = 46061,9 + 0,1924 X + 2,7855 Y + 1,2937 \cdot 10^4 X^2 - 1,4812 \cdot 10^4 XY - 3,4756 \cdot 10^4 Y^2$$

$X$  et  $Y$  étant la longitude et la latitude exprimées en kilomètres.

En appliquant cette formule à la région qui nous intéresse, on trouve tous calculs faits :

$$F (\gamma) = 46722 + 257,6 \Delta\varphi + 38,18 \Delta\lambda$$

avec  $\Delta\varphi$  et  $\Delta\lambda$  exprimés en grades.

On constate donc que le gradient du champ total serait d'après cette formule orienté vers le N-NE alors que, d'après la formule obtenue plus haut, il est orienté vers le N-NW. Ceci semblerait indiquer une orientation régionale du gradient assez différente de celle relative à l'ensemble de la France.

### III - COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES ETUDES ANTERIEURES

#### Comparaison avec le réseau magnétique de 1924

Le réseau magnétique de la France de 1924 ne comportait que deux stations à l'intérieur de la zone prospectée (5).

	Longitude	Latitude	Z	F
Erstein	7°38'5	48°25'1	41 500 $\gamma$	46 170 $\gamma$
Molsheim	7°30'3	48°32'1	41 610 $\gamma$	46 240 $\gamma$

Néanmoins, il m'a semblé intéressant de comparer les valeurs de la composante verticale et du champ total de ce réseau, avec les valeurs déduites de mes cartes de valeurs brutes, c'est-à-dire ramenées à 1965,0.

Pour la station d'Erstein on lit :  $Z = 42\ 000\ \gamma$  ;  $F = 46\ 820\ \gamma$

Pour la station de Molsheim on lit :  $Z = 42\ 290\ \gamma$  ;  $F = 48\ 860\ \gamma$

d'où on peut déduire les variations :

$$\Delta Z \text{ Erstein } (Z \text{ 1965} - Z \text{ 1924}) : 42\ 200 - 41\ 500 = 700\ \gamma$$

$$\Delta Z \text{ Molsheim } (Z \text{ 1965} - Z \text{ 1924}) : 42\ 290 - 41\ 610 = 680\ \gamma$$

On remarque que les valeurs, aux erreurs de mesure près, on une concordance acceptable.

De même :

$$\Delta F \text{ Erstein } (F \text{ 1965} - F \text{ 1924}) : 46\ 820 - 46\ 170 = 650\ \gamma$$

$$\Delta F \text{ Molsheim } (F \text{ 1965} - F \text{ 1924}) : 46\ 860 - 46\ 240 = 620\ \gamma$$

Ici aussi la corrélation des deux valeurs est assez bonne.

#### Comparaison avec la carte d'Alexanian

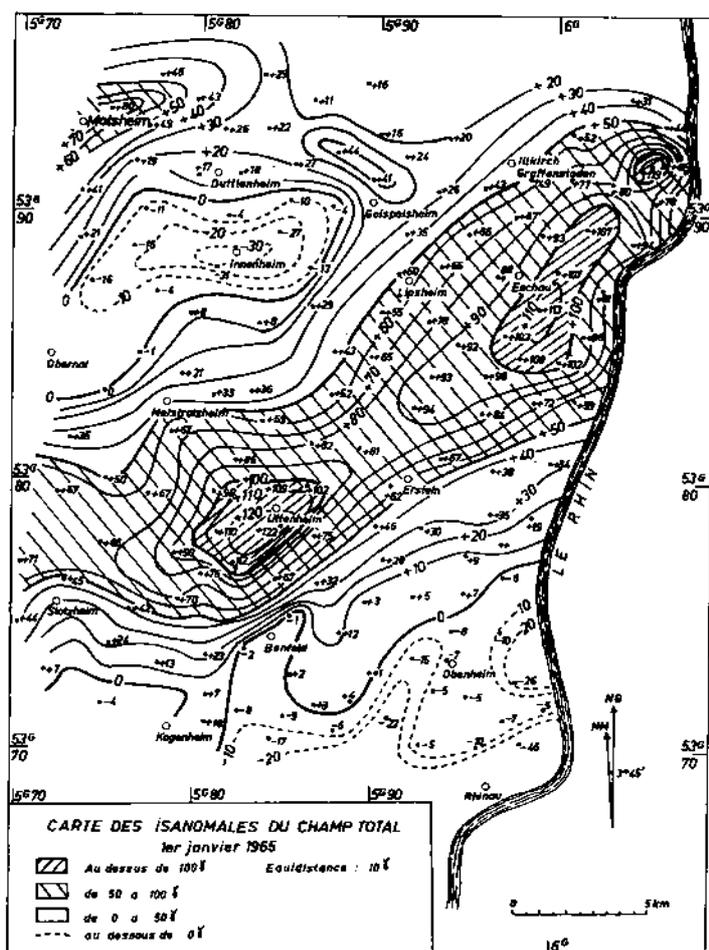


Fig. 5

d'Uttenheim, sera conservée pour l'interprétation ; les trois autres, soit incomplètes, soit à la limite de la zone étudiée, ne seront pas utilisées ultérieurement.

Il est évidemment intéressant de comparer la carte d'anomalies obtenue avec celle d'Alexanian. En particulier, une étude quantitative serait utile pour conclure, soit à une constance dans la grandeur de l'anomalie après trente ans, soit au contraire à une déformation éventuelle de celle-ci (6).

Cette étude ne nous a pas semblé significative dans notre cas, étant donné la faible densité des stations sur les deux cartes.

Par contre, une comparaison qualitative montre bien une concordance très acceptable en ce qui concerne la position de l'axe d'anomalies positives orienté SW-NE avec deux maximums particulièrement accentués : l'un au voisinage d'Uttenheim, l'autre, beaucoup plus étendu, dans la région de Plobsheim-Eschau.

La position des maximums concorde également bien avec un minimum visible aux environs d'Innenheim et un autre dans la partie Sud, qui semble plus important sur ma carte que sur celle d'Alexanian.

#### Comparaison avec la carte aéromagnétique

Trois lignes de vol de direction Nord-Sud et une de direction Est-Ouest recoupent la région étudiée. Cependant, une seule qui traverse la région en son milieu et passe au-dessus de l'anomalie

La carte obtenue à partir des valeurs de F suivant les lignes de vol manque de détails et une comparaison directe avec la carte au sol est impossible.

#### IV - INTERPRETATION DES ANOMALIES

La carte en champ total que j'ai obtenue présente un axe d'anomalies positives incliné à environ 39° sur les parallèles géographiques et orienté SW-NE. Sur cet axe deux "bosses", l'une - et qui semble la plus importante en grandeur - localisée aux environs d'Uttenheim, l'autre - décomposée en deux parties - qui s'étend de Plobsheim au bois de Neuhof.

D'autres documents, en plus de la carte aéromagnétique signalée plus haut, ont été utilisés pour une tentative d'interprétation des résultats ; il s'agit de :

1/ une carte aéromagnétique établie en 1956-1957 par la société aérienne de recherche minière tracée à l'aide de profils magnétiques établis à partir de lignes de vol espacées de 2 km, et dont l'altitude est de 600 mètres pour la région qui nous intéresse ;

2/ une carte gravimétrique établie par les soins des mines domaniales de potasse d'Alsace.

Pour l'interprétation des anomalies de la plaine d'Alsace, Alexanian avait choisi, à la suite d'échantillonnages, les valeurs moyennes suivantes pour la susceptibilité

Roches basiques :  $k = 3000 \cdot 10^{-6}$  cgs/cm<sup>3</sup>

Roches acides :  $k = 300 \cdot 10^{-6}$  cgs/cm<sup>3</sup>

Or des mesures récentes (août-septembre 1966) exécutées au Laboratoire de Paléomagnétisme de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg sur de nombreux échantillons de granites vosgiens, ont fait apparaître qu'une différenciation nette doit être établie entre les granites des Vosges Centrales pour lesquelles les susceptibilités sont très faibles (de l'ordre de 5 à 10.10<sup>-6</sup>) et les granites du Champ du Feu et d'Andlau pour lesquels les susceptibilités, souvent très fortes (supérieures à 1000.10<sup>-6</sup>) peuvent atteindre des valeurs tout à fait comparables à celles observées dans les basaltes.

Pour nos calculs, nous avons adopté provisoirement pour la susceptibilité des granites magnétiques une valeur moyenne  $k = 1,7 \cdot 10^{-3}$ , valeur tout à fait raisonnable, étant donnés les résultats précédents. On suppose en outre qu'il existe seulement une aimantation induite et pas d'aimantation rémanente, ce qui doit vraisemblablement correspondre à la réalité.

Plusieurs essais ont été tentés pour expliquer le plus simplement possible la forme des courbes obtenues et leur amplitude. La plupart ont été infructueux et en procédant par élimination, nous avons conservé l'hypothèse dont les résultats semblaient cadrer le mieux avec la réalité :

Nous supposons que dans le substratum granitique de la Plaine d'Alsace se soit infiltré un "dyke" de granite magnétique en direction varisque et incliné à 40° vers le Nord-Ouest. Nous adoptons 4 km pour la largeur du "dyke", et 3000 mètres pour la profondeur de son sommet au-dessous du niveau de la mer.

Dans ce cas la formule donnant la grandeur de l'anomalie en champ total est :

$$\Delta F = 2P b^2 \sin d \left[ \theta \sin (21 - d) + L \frac{R2}{R1} \cos (21 - d) \right] \quad (7)$$

Les courbes théoriques obtenues à partir de cette formule semblent coïncider assez bien avec celles obtenues expérimentalement ; il faut cependant signaler qu'en ce qui concerne particulièrement l'anomalie d'Uttenheim, la cause perturbatrice semble plus proche de la surface (1000 à 1500 m) et nous avons essayé de la déterminer approximativement en faisant appel à l'effet d'un bloc rehaussé par rapport au socle granitique et de forme plus ou moins ovale (\*). Par ailleurs, il y a dans cette région une concordance parfaite entre la carte magnétique au sol et la carte gravimétrique.

BIBLIOGRAPHIE

1. - ALEXANIAN K. - Etude magnétique en Alsace, Interprétation géologique des mesures, Thèse Fac. Sciences, Paris, Série A N° 1688, 1937.
2. - JUNG J. et ALEXANIAN K. - Interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques de l'Alsace, *Annales de l'Office National des combustibles liquides*, 1931.
3. - LE BORGNE E. et LE MOUEL J. - Magnétomètre à protons et magnétomètre à pompage optique, Note N° 2, *Inst. Phys. Globe Paris*, 1964.
4. - LE BORGNE E. et LE MOUEL J. - La nouvelle carte magnétique de la France. Note N° 15 de l'Inst. Phys. Globe Paris, 1966.
5. - MATHIAS E. et MAURAIN C. - Nouveau Réseau Magnétique de la France au 1<sup>er</sup> janvier 1924, *Ann. de l'Inst. Phys. Globe Paris* Tome VII.
6. - ROTHE J.P. - Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre, *Annales de l'Inst. Phys. Globe de Paris*, t. XV, 1937, pp. 1-110.
7. - REFORD M.S. et SUMMER J.S. - *Geophysics*, vol. 29, N° 4, 1964, pages 482-516.
8. - VACQUIER V. - The interpretation of aeromagnetic maps, *Geological Society of America*, Mémoire 47, p. 144, 1951.
9. - REICH H. - Carte Magnétique, 1941.
10. - Soc. Aér. de Recherches Minières : Carte Aéromagnétique (1956) (Archives du B.R.G.M.).

ANNEXE

TABEAU I

Numéros et Coordonnées Géographiques des Stations (en grades, Méridien de Paris).  
 Valeurs de l'intensité totale du champ magnétique F (en gammas), 46 000 +.  
 Valeurs des Anomalies de l'intensité totale F (en gammas).  
 Valeurs des Anomalies de la Composante verticale Z (en gammas).

Stat.	Lat.	Long.	F. (mesuré)	ΔF.	ΔZ.
Ao	53,850	5,879	46 818	+ 43	+ 15
Ao1	848	900	46 839	+ 65	
Ao2	833	878	46 823	+ 52	
Ao3	829	922	46 863	+ 94	
Ao4	841	932	46 865	+ 93	
A1	861	930	46 855	+ 78	+ 88
A11	853	947	46 867	+ 92	
A12	882	938	46 848	+ 66	
A13	878	913	46 832	+ 50	
A14	865	903	46 834	+ 55	
A2	832	990	46 840	+ 72	+ 84
A21	847	6,001	46 874	+102	
A22	832	011	46 827	+ 59	
A23	857	013	46 870	+ 96	
A24	828	5,960	46 852	+ 84	
A3	806	967	46 800	+ 38	+ 38
A31	810	937	46 831	+ 67	
A32	790	965	46 793	+ 35	
A33	789	990	46 776	+ 19	
A34	807	996	46 796	+ 34	

Stat.	Lat.	Long.	F. (mesuré)	$\Delta F.$	$\Delta Z.$
A4	786	905	46 804	+ 46	+ 49
A41	800	909	46 823	+ 62	
A42	785	928	46 787	+ 30	
A43	785	849	46 786	+ 28	
A44	781	838	46 834	+ 75	
A5	824	839	46 828	+ 59	+ 29
A51	833	810	46 805	+ 33	
A52	834	831	46 808	+ 36	
A53	815	865	46 848	+ 82	
A54	814	894	46 845	+ 80	
Bo	910	935	46 816	+ 26	- 1
Bo1	894	918	46 821	+ 35	
Bo2	893	953	46 850	+ 65	
Bo3	912	962	46 833	+ 43	
Bo4	930	942	46 815	+ 20	
B1	932	901	46 812	+ 16	+ 47
B11	950	896	46 817	+ 16	
B12	923	878	46 838	+ 44	
B13	914	898	46 832	+ 41	
B14	922	918	46 817	+ 24	
B2	932	6, 010	46 846	+ 52	+ 16
B21	945	044	46 828	+ 31	
B22	915	008	46 867	+ 77	
B23	901	5, 879	46 855	+ 67	
B24	917	989	46 839	+ 49	
B3	918	6, 076	46 854	+ 65	+130
B31	937	062	46 840	+ 44	
B32	920	054	46 909	+119	
B33	913	032	46 869	+ 80	
B34	906	056	46 865	+ 78	
B4	891	044	46 877	+ 94	+138
B41	897	018	46 892	+107	
B42	893	5, 992	46 877	+ 93	
B43	880	6, 001	46 898	+107	
B44	873	027	46 859	+ 81	
B5	53, 878	5, 970	46 869	+ 88	+138
B51	866	994	46 890	+113	
B52	848	982	46 881	+108	
B53	858	973	46 878	+103	
B54	857	963	46 874	+ 98	
Co	737	942	46 737	- 7	- 5
Co1	722	955	46 736	- 5	
Co2	724	934	46 736	- 5	
Co3	736	922	46 729	- 15	
Co4	747	944	46 739	- 8	
C1	764	968	46 785	+ 32	+ 14
C11	744	882	46 759	+ 12	
C12	758	896	46 754	+ 3	
C13	760	921	46 756	+ 5	
C14	766	846	46 820	+ 67	
C2	714	851	46 731	- 9	- 2
C21	731	854	46 746	+ 2	
C22	720	838	46 744	+ 3	
C23	707	844	46 721	- 17	
C24	718	825	46 733	- 8	
C3	715	907	46 717	- 22	- 7
C31	704	926	46 731	- 5	
C32	709	879	46 732	- 6	
C33	722	889	46 745	+ 4	
C34	732	898	46 745	+ 1	

Stat.	Lat.	Long.	F. (mesuré)	ΔF.	ΔZ.
C4	714	972	46 731	- 7	- 13
C41	703	959	46 725	- 10	
C42	704	926	46 690	- 46	
C43	718	996	46 733	- 5	
C44	728	980	46 715	- 26	
C5	768	972	46 746	- 6	+ 6
C51	779	971	46 773	+ 18	
C52	777	952	46 763	+ 9	
C53	761	950	46 757	+ 7	
C54	748	971	46 737	+ 10	
Do	768	802	46 830	+ 75	+ 96
Do1	775	788	46 847	+ 90	
Do2	758	791	46 822	+ 70	
Do3	769	821	46 867	+112	
Do4	782	811	46 874	+116	
D1	765	726	46 800	+ 45	+ 49
D11	778	748	46 824	+ 66	
D12	772	703	46 828	+ 71	
D13	748	703	46 795	+ 44	
D14	753	732	46 774	+ 22	+ 11
D2	741	752	46 772	+ 24	
D21	754	762	46 794	+ 42	
D22	735	780	46 760	+ 13	
D23	718	748	46 739	- 4	
D24	730	718	46 753	+ 7	
D3	740	829	46 745	- 2	- 11
D31	712	806	46 758	+ 18	
D32	722	905	46 750	+ 7	
D33	738	806	46 770	+ 23	
D34	752	854	46 749	- 1	
D4	53, 798	5, 839	46 871	+109	+120
D41	809	822	46 851	+ 86	
D42	798	811	46 860	+ 98	
D43	785	849	46 980	+122	
D44	800	863	46 864	+102	
D5	801	749	46 814	+ 50	+ 55
D51	797	721	46 831	+ 67	
D52	816	730	46 804	+ 35	
D53	819	787	46 835	+ 67	
D54	796	775	46 820	+ 57	
Eo	915	799	46 810	+ 17	+ 57
Eo1	902	771	46 780	- 11	
Eo2	900	817	46 785	- 4	
Eo3	915	824	46 811	+ 18	
Eo4	931	814	46 823	+ 26	
E1	917	855	46 820	+ 27	- 10
E11	906	852	46 783	- 10	
E12	932	839	46 819	+ 22	
E13	952	836	46 852	+ 29	
E14	943	866	46 812	+ 11	
E2	880	864	46 770	- 13	- 30
E21	860	836	46 786	+ 8	
E22	867	865	46 809	+ 29	
E23	893	848	46 760	- 27	
E24	903	877	46 785	- 4	
E3	862	797	46 788	+ 8	- 5
E31	841	792	46 795	+ 21	
E32	834	749	46 773	0	
E33	848	769	46 775	- 1	
E34	881	810	46 753	- 31	

Stat.	Lat.	Long.	F. (mesuré)	$\Delta F.$	$\Delta Z.$
E4	891	733	46 809	+ 21	+ 60
E41	870	778	46 778	- 4	
E42	874	740	46 768	- 16	
E43	888	765	46 771	- 16	
E44	908	735	46 834	+ 41	
E5	933	770	46 848	+ 49	+ 98
E51	919	764	46 815	+ 19	
E52	940	750	46 881	+ 80	
E53	952	777	46 850	+ 46	
E54	944	798	46 844	+ 43	

# ÉTUDE DES ANOMALIES MAGNÉTIQUES DU NORD DES VOSGES

PAR J.-J. WALCH

La superficie étudiée (environ 30 000 km<sup>2</sup>) s'étend sur quatre cartes au 1/200 000 de l'Institut Géographique National (Metz - Saverne - Nancy - Strasbourg).

Ce travail a été fait à partir des profils magnétiques publiés à la suite de la Campagne effectuée par le Centre National de la Recherche Scientifique, sous la responsabilité de l'Institut de Physique du Globe de Paris, pour l'établissement de la Carte Magnétique de la France (12).

Des recherches antérieures avaient déjà intéressé certains périmètres contenus dans cette zone (1, 2, 3, 10), mais cette campagne récente apportait une précision nouvelle dans les mesures, et il devenait ainsi possible d'établir une carte magnétique de l'ensemble de cette région.

## *Etablissement de la carte des anomalies magnétiques du champ total F*

Sur les planches de profils citées ci-dessus, le réseau de vol est en place. Les profils représentent les valeurs absolues du champ magnétique total. Les erreurs de fermeture ont été compensées dans chaque bloc.

La zone étudiée se trouve répartie sur deux blocs (N° 5 et N° 9). Le bloc N° 5, au Nord, sert de bloc de base. Dans la région étudiée, il comporte dix-neuf lignes et trois traverses incomplètes. Au Sud se trouve le bloc N° 9, avec dix-huit lignes dans la région étudiée. Il n'y a pas de traverse. Le raccord entre les blocs N° 5 et N° 9 se fait au passage de la traverse 107. En général, les valeurs sont cohérentes.

Le champ magnétique total augmente, lorsque l'on se déplace vers le Nord. On a admis que le gradient régional était de 3 gammas/km suivant l'axe des lignes de vol (parallèles au méridien de Paris, dans la projection de Bonne).

Nous avons attribué au point situé à 3000 m d'altitude à la verticale de la station sol du bloc N° 5 la cote 1000 gammas. Par interpolation linéaire entre les deux profils passant à proximité de cette station, on trouve  $F = 46\,805$  gammas.

Tous les profils Nord-Sud sont calés au niveau d'une droite perpendiculaire à l'axe des lignes de vol (parallèle au bord Est-Ouest de la carte au 1/200 000) passant par la station sol du bloc N° 5. De la différence entre le champ magnétique total enregistré sur ces intersections et la valeur de 46 805 gammas, on déduit la cote de calage à attribuer à chaque ligne de vol.

Le réseau étant corrigé des erreurs de fermeture, l'interception peut se faire directement à partir de ces valeurs de calage.

Les traverses ne sont pas absolument perpendiculaires aux lignes de vol. Un léger changement d'azimut a une influence sur la correction relative au gradient régional. Le plus simple est donc de construire des lignes de référence pour les traverses, à partir des valeurs obtenues aux intersections sur les lignes.

Afin de limiter au maximum les erreurs provenant du jeu du support, lors des variations hygrométriques, les interceptions ont été faites sur un support non sensible (Kodatrace). A partir de ces feuilles, on a tracé les isogrammes.

Pour la même raison, le dessin des isanomales a été fait sur une feuille de Kodatrace.

Le tracé des isogrammes, problème simple en soi, était pourtant ici très délicat. En effet, les lignes de vol sont distantes de 10 kilomètres et les transverses de 100.



Afin de faciliter le travail et de permettre de voir rapidement les informations dont on dispose, sans rien y ajouter, il a été construit un bloc diagramme à partir des différents profils. Les renseignements fournis par l'étude de ce bloc diagramme ont été utilisés pour établir le tracé de la carte définitive (figure 1). Cette carte a été comparée par la suite à la carte établie par la Société Aérienne de Recherches Minières (1956-1957). Cette dernière, volée en partie à 600 m, en partie à 1200 m, avec un espacement des lignes de vol de deux kilomètres, s'arrête à environ 20 kilomètres au Sud de Strasbourg.

### Interprétation

En examinant la carte magnétique obtenue, on remarque que les grandes anomalies sont incluses dans un triangle, dont les sommets sont approximativement Neufchâteau - Sélestat - Wissembourg.

On peut principalement distinguer :

- a) une anomalie suivant l'axe Wissembourg - Sarrebourg - Lunéville (et qui se continue, mais d'une façon moins nette vers Neufchâteau). Elle s'étend sur plus de 120 km en territoire français.
- b) Une anomalie suivant l'axe Rambervillers - Saales - Le Hohwald, d'environ 50 km de long et semblant se prolonger par le seuil d'Erstein.
- c) En partie superposée à la première et de dimensions plus réduites, une anomalie dans la région de Saverne - Reichshoffen. Cette dernière incluse dans une zone venant de faire l'objet d'une campagne magnétique du sol ne sera pas étudiée ici (voir plus haut, A. Roubertou, p.

Etant donné le grand espacement des lignes de vol (10 km), il est délicat de tenter d'interpréter ces anomalies en partant de profils reconstitués à partir de la carte et pour lesquels par conséquent l'interpolation intervient énormément. Il est préférable d'utiliser les profils obtenus d'après les enregistrements en vol.

Les enregistrements relatifs aux lignes de vol L. 397 - L. 398 - L. 399, semblent particulièrement significatifs. Nous sommes dans une région où les anomalies sont grossièrement cylindriques. On peut escompter une bonne approche du problème grâce aux structures en dykes. La méthode du Professeur J.M. Bruckshaw (4), légèrement modifiée pour l'adapter au problème des effets conjugués de 2 structures, a été appliquée.

Le principe de cette méthode est le suivant : au lieu de compiler un "catalogue", toujours incomplet, on fait une hypothèse sur le type de structure provoquant l'anomalie considérée, et, à partir de critères géométriques caractérisant cette anomalie, on calcule un paramètre caractérisant la structure-source : ici la profondeur de son toit sous la ligne de vol. (Les critères géométriques employés sont les distances comprises entre deux points, pour lesquels l'amplitude de l'anomalie tombe à une certaine fraction :  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{3}{4}$  du maximum, le rapport de ces distances, le rapport entre les amplitudes négative et positive de l'anomalie).

La méthode Bruckshaw appliquée aux dykes est décrite dans *Geophysical Prospecting*, 1963, Vol. XI p. 509 à 522.

Mais nous ne connaissons avec précision qu'une partie des critères géométriques relatifs à chaque anomalie. Nous débutons avec l'anomalie Nord, nous calculons les caractéristiques de la structure correspondante à partir de ces critères. Nous obtenons ainsi un premier groupe de valeurs en ce qui concerne la profondeur du toit du dyke.

A partir de ces résultats, nous calculons les critères géométriques qui nous manquent. Ceci nous permet de compléter le tracé relatif à l'anomalie Nord.

Par soustraction de cette anomalie du profil, nous obtenons l'anomalie Sud (que nous "lisons" si besoin est). Si celle-ci est à son tour interprétable par la méthode Bruckshaw, appliquée cette fois à l'ensemble des critères qui la caractérisent, nous pouvons admettre que le système de solutions proposées est satisfaisant.

### Remarques :

1/ Dans le cas des dykes, la méthode Bruckshaw permet de plus de calculer l'intensité d'aimantation du matériau constituant la structure.

2/ Pour ces calculs d'interprétation, nous avons supposé l'aimantation purement induite. (Cette hypothèse sera d'ailleurs confirmée par l'étude des échantillons ramassés au sol). Il est possible alors de faire les calculs de susceptibilité.

Les deux structures résultant de l'interprétation sont :

a) Au Nord, un dyke de direction varisque, d'une largeur de 8 km, passant par Sarrebourg. Son toit se trouve à 3 km environ sous le niveau de la mer. Ses parois sont presque verticales (le dyke s'enfonce vers le Sud, l'angle formé par rapport à la verticale étant de l'ordre de 6°). Sa susceptibilité magnétique volumique est de l'ordre de  $1750 \times 10^{-6}$  CGS.

b) Au Sud, un dyke de 10 km de large de direction Est-Ouest, subaffleurant entre Saint-Dié et Moyen-Moutier. Ses parois sont verticales. Sa susceptibilité magnétique volumique est de l'ordre de  $700.10^{-6}$  CGS.

Parallèlement à l'étude des anomalies magnétiques, nous avons procédé au Laboratoire de Paléomagnétisme de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, avec l'aide de Madame Pfaff, collaboratrice technique du CNRS, à des mesures de susceptibilité magnétique et d'aimantation rémanente portant sur près de deux cents échantillons prélevés surtout dans le massif du Champ du Feu et dans les zones voisines présentant des affleurements de terrains anciens. Ces mesures laissent subsister une lacune dans la zone correspondant à l'anomalie Nord, zone dans laquelle les terrains anciens sont recouverts par les formations triasiques.

Les valeurs obtenues montrent que l'aimantation rémanente est presque toujours négligeable relativement à l'aimantation induite. Cette dernière intervient donc pratiquement seule dans la création des anomalies magnétiques.

Les résultats obtenus caractérisés par les valeurs de la susceptibilité magnétique spécifique, présentent une très grande dispersion d'un endroit à l'autre pour des roches appartenant à la même famille pétrographique.

Les valeurs maximum observées ont été les suivantes : ( $\times 10^6$ ).

Granite de Raon l'Etape	70	Granite d'Andlau - Barr	400
Microgranites	70	Granite de Dambach	40
Granite de Senones	100	Granite du Hohwald	500
Granite de Natzwiller	300	Diorite	1 100
Granite du Kagenfels	30	Grauwacke	250
Granite du Champ du Feu	700		

A partir de ces données et de celles résultant de l'étude des anomalies magnétiques, nous pouvons interpréter la structure en dyke responsable de l'anomalie Sud comme étant constitué au moins dans sa partie supérieure par un ensemble de filons de granites magnétiques et de diorites alignés en direction WSW-ENE.

En ce qui concerne la nature des roches existant à l'intérieur de la structure responsable de l'anomalie Nord, nous disposons de peu d'éléments directs. Compte tenu du contexte géologique et de la carte gravimétrique établie par les Mines Domaniales de Potasse d'Alsace (1951-1954 ; Planche II du rapport géophysique BRGM N° 589) qui indique pour cette région une très forte anomalie positive, nous sommes conduits à l'idée de l'existence de matériaux basiques et non pas de granites magnétiques dont nous n'avons trouvé d'ailleurs aucune trace dans l'affleurement du Windstein.

Les recherches actuellement en cours à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg apporteront vraisemblablement de nouvelles précisions à ce sujet dans un proche avenir.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. - ALEXANIAN K. et JUNG K. - Interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques de l'Alsace. *Ann. de l'Off. Nat. des Combustibles liquides*, pp. 43-58 + 4 pl., 1931.
2. - ALEXANIAN K. - Etablissement de la carte des anomalies de la composante verticale du champ magnétique terrestre dans les Vosges. *C.R. Ac. Sc.*, Tome 198, pp. 1715-1717, 1934.
3. - ALEXANIAN K. - Etude magnétique en Alsace. Interprétation géologique des mesures. Thèse Fac. Sciences, Paris, Série A N° 1688, 143 pp., 1937.
4. - BRUCKSHAW J.M. and KUNARATNAM K. - The interpretation of magnetic anomalies due to dykes. *Geophysical Prospecting*, Vol. XI, pp. 509-522, 1963.

5. - DUBOIS G. et DUBOIS C. - La Géologie de l'Alsace, *Mémoire N° 13, Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine*, 310 pp. 1955.
6. - ELLER J. P. von - Contribution à l'étude des faciès marginaux du granite de Natzwiller et du granite du Kagenfels ; Cortèges filoniens, *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace et Lorraine*, Tome 12, pp. 85 à 96, 1959.
7. - ELLER J. P. von - Développement subvolcanique et volcanique d'un granite hercynien des Vosges septentrionales : le granite de Kagenfels, *Rev. Geogr. phys. et géol. dyn.*, Tome 3, pp. 101-107, 1960.
8. - ELLER J. P. von - Granitisation, dioritisation et métamorphisme dans les Vosges cristallines du Nord I, *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace et Lorraine*, Tome 17, p. 171-210 + 5 pl., 1964 ; II, *id. t. 18*, pp. 117-144, 1965.
9. - JUNG J. - Contribution à la Géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace, *Mémoire N° 2, Serv. de la Carte Géol. Alsace et Lorraine*, 481 pp., 5 pl., 2 cartes, 1928.
10. - JUNG J. - La géologie profonde de la France d'après le nouveau réseau magnétique et les mesures de la pesanteur, *Ann. Inst. Phys. Globe Paris*, Tome XI, pp. 119-166, 1928.
11. - JUTEAU T. et ROCCI G. - Contribution à l'étude pétrographique du massif volcanique dévonien de Schirmeck, *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace et Lorraine*, Tome 18/3, pp. 145 à 176 + 3 pl.
12. - LE BORGNE E. et LE MOUËL J. - La Nouvelle Carte Magnétique de la France. *Note Inst. Phys. Globe Paris*, N° 15, 44 pp., 1966.
13. - ROTHE E. et ROTHE J. P. - Prospection Géophysique, Tomes I et II, Gauthier-Villars, Paris, 1950-1952.
14. - ROTHE J. P. - Sur le magnétisme des basaltes d'Alsace, *C.R. Ac. Sc.*, Tome 198, pp. 1443-1444, 1934.
15. - ROTHE J. P. - Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre, 111 p., Thèse Fac. Sciences, Paris Série A, N° 1672, 1937.
16. - SITTLER C. - Monographie structurale du fossé rhénan, Institut de Géologie, Strasbourg, 39 pp., 1965.
17. - WALCH J. J. - La Prospection Magnétique Aéroportée ; son application à l'étude des anomalies au Nord des Vosges, Diplôme d'Ingénieur-Géophysicien, N° 124, Inst. Phys. Globe Strasbourg, 99 pp. ronéotypées, 1966.

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN

Ouvrages scientifiques  
TYPO - GEFN - I  
GAP - 11 Laon - Alpes  
Dépôt légal 286  
1967