

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  
TOME VI

---

TROISIÈME PARTIE

GÉOPHYSIQUE

---

Volume publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

---

MENDE  
IMPRIMERIE G. PAUC  
PLACE URBAIN V  
1950

## Table des Matières

---

J.-P. ROTHÉ, Les séismes de Kerrata et la séismicité de l'Algérie .....	3
A. HÉE (Madame), Catalogue des séismes algériens de 1850 à 1911.....	41
E. PETERSCHMITT, Etude de la magnitude des séismes .....	51
L. GODARD, Etude sur les propriétés magnétiques des coulées de lave ; Application à la détermination des thalwegs souterrains .....	59
J.-P. ROTHÉ, Bibliographie des travaux français relatifs à l'Année Polaire 1932-1933.....	71
J.-P. ROTHÉ et E. PETERSCHMITT, Quelques mesures radiogéologiques dans les Vosges hercyniennes, comparaison des appareils Kolhörster, gammaphone et gammamètre.....	77
R. LECOLAZET, Les précipitations atmosphériques en Alsace et en Lorraine ; Moyennes pluviométriques 1911-1940.....	91

---

# LES SÉISMES DE KERRATA (1949)

## et la Séismicité de l'Algérie

PAR J.-P. ROTHÉ

Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg

(avec la collaboration de MM. N. DACHEVOY et P. SELTZER)

### Introduction

La région de Kerrata, au Nord de Sétif (Algérie) a été en janvier et février 1949 le théâtre d'une activité séismique intense qui a atteint son maximum le 17 février : les dégâts matériels furent importants et la répétition des secousses provoqua dans la population une vive inquiétude.

A la demande du Gouvernement Général de l'Algérie et du Centre National de la Recherche Scientifique j'ai accompli du 13 au 18 mars 1949 une mission d'études dans les Babors (1). J'ai pu ainsi déterminer sur place l'épicentre des secousses et constater qu'il correspondait très exactement à une région où les plissements ont été si intenses qu'ils ont abouti à des plis-failles et à des déversements vers le Sud.

Cette mission m'a incité à reprendre une étude générale de la séismicité de l'Algérie. Dans les travaux déjà publiés, à caractère surtout statistique, les auteurs n'avaient pas en général indiqué la position exacte des foyers séismiques. J'ai tenté au contraire après une discussion de tous les documents à ma disposition d'établir une carte des épicentres aussi exacte que possible, carte qui puisse servir à la fois à l'interprétation géologique et à la détermination des zones séismiques plus particulièrement dangereuses.

### I

## La séismicité des Babors

### Les séismes de Kerrata ; étude macroséismique de la secousse principale (17 février 1949)

Nous étudierons d'abord la secousse principale, celle du 17 février 1949, à 21 heures.

La zone épiscopale comprend une partie des communes mixtes d'Oued Marsa et du Guergour et le territoire de la commune de Kerrata (anciennement commune mixte de Takitount).

Dans la C. M. du Guergour seule la partie NE a été touchée : dans le douar Dra-el-Caid la fraction Takléat a subi des dégâts importants, 18 maisons sont en partie effondrées ; ces maisons construites en pierres avec un mortier de terre ne comprennent qu'un rez-de-chaussée. Les habitations situées en terrain schisteux ont très peu souffert.

A Kerrata les dégâts sont peu importants sauf à la gendarmerie où les cloisons sont fissurées et décollées : des lézardes partant des coins NE des parois vont en s'élargissant vers le bas en direction SW ; la maison du docteur, le clocher de l'église sont endommagés.

Aux environs de Kerrata les douars Djerrouna et Ferhous ont le plus souffert : à la fraction Oued Hourri (douar Ferhous), plusieurs gourbis sont effondrés (fig. 5) et sur le chemin reliant

(1) Je tiens à remercier spécialement M. le Professeur Dalloni et M. Ehrmann qui ont bien voulu m'accompagner sur le terrain et me faire bénéficier d'une expérience géologique inestimable. Je remercie aussi M. Paul Seltzer qui m'a fait profiter des résultats d'une première enquête faite par lui le 27 février et l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie qui m'a communiqué les renseignements et questionnaires rassemblés par ses soins.

Ma gratitude va enfin au Service de la Carte Géologique d'Algérie et à son Directeur M. l'Inspecteur Général des Mines Bétier, qui a bien voulu accueillir ce mémoire dans le bulletin de son service.

ce hameau à Kerrata on observe une fissure longue d'une cinquantaine de mètres et présentant un rejet de 30 centimètres de hauteur ; à la fraction Bradma, dans la vallée de Djerrouna, de nombreux gourbis sont détruits : il y a eu 2 victimes. A 9 km de Kerrata, dans la vallée de l'Oued Embarek, la ferme Maida a été très endommagée (chute de cheminées).

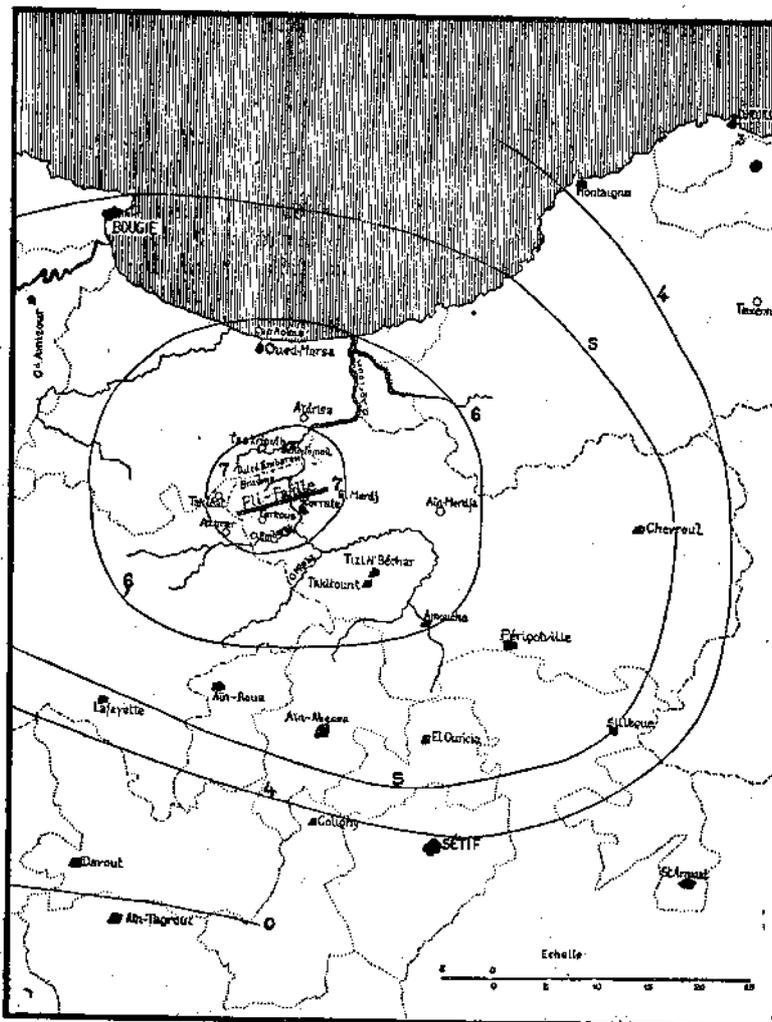


Fig. 1. — Isoseistes de la secousse du 17 février 1949 (J.-P. Rogné).

Dans la C. M. d'Oued Marsa, les dégâts les plus importants s'observent à Beni-Ismaïl au couvent des Pères Blancs devenu inhabitable : les cloisons sont disloquées et décollées aux points de jonction des murs et des plafonds ; dans les parois nord-sud des fissures partant du bas des coins nord vont en s'élargissant vers le haut des coins sud ; le clocheton est tombé ; les cuves à vin ont été lézardées.

D'autres dégâts sont à signaler dans la fraction Ouled Embarek du douar Riff (école lézardée, gourbis fissurés), dans la fraction Taskriout (plusieurs gourbis lézardés, pans de murs effondrés) ; dans la fraction Aidriss et au cap Aokas où les bâtiments administratifs de la C. M. ont été lézardés. Sur le territoire de la commune mixte d'Oued-Marsa les dégâts sont évalués à près de 9 millions (dont 6 au couvent des Pères Blancs). A noter que tant au cap Aokas qu'à Kerrata les maisons kabyles n'ont pas été sinistrées alors que les bâtiments européens plus élevés ont été touchés. Dans les gorges du Chabet-El-Akra de nombreux éboulements de roches ont

en partie obstrués la route nationale et endommagés les parapets. L'ensemble de la zone pléistocène forme un cercle d'environ 6 kms de rayon centré sur la vallée de Djermouna.

Les autres renseignements macroséismiques sont résumés dans le tableau suivant (voir fig. 1).

- Intensité VI : Tizi N'Béchar, Amouchas.  
V-VI : Darghina (usine et village ouvrier), Chevreul, Aïn-Abessa, Aïn-Merdja-Sliman.  
V : Aïn Roua, Aïn Cherchara, El Kseur, Oued Amizour, Sillègue, La Réunion, El-Ourlia, Périgotville.  
IV : Lafayette, Bougie, Yakouren, Mansouriah, Azazga.  
III-IV : Saint-Arnaud, Coligny, Faucigny, Sidi-Aïch.  
III : Sétif, Davout, Texenna, Djidjelli, Akbou, Port-Cueydon, Cap Carbon, Cap Sigli.  
II-III : Montaigne, Bordj-Menaïel, Maïlot, Tizi-Ouzou, Cap Afia, Tifra-Soummam.

La zone macroséismique est limitée par les communes suivantes, où la secousse n'a pas été perçue : Tizirt, Tifra-Mizrana, Bou Assen, Mechtras, Fort National, Ouarzen (Michélet), Bouira, Mansourah, Tixter, Colbert, Saint-Donat, Luocet, Mila, El Milia.

Cette zone macroséismique s'étend donc davantage dans le sens Est-Ouest que dans le sens transversal. Cette orientation des isoséistes est conforme à la direction générale du plissement de l'Atlas Tellien.

Le rayon de l'aire macroséismique est d'environ :

- 90 kms dans la direction N W
- 80 kms dans la direction W
- 65 kms dans la direction S W
- 45 kms dans la direction S
- 70 kms dans la direction S E
- 60 kms dans la direction E
- 60 kms dans la direction N E

Moyenne :  $r = 60$  kms environ.

### Secousses prémonitoires et répliques

La secousse principale du 17 février 1949 a été précédée et suivie entre le 15 janvier et le 12 mars de nombreuses autres secousses plus faibles.

La série a commencé le 15 janvier par 3 secousses inscrites à Alger à 10 h. 51 m., à 11 h. 14 m. et à 13 h. 26 m.

La secousse de 11 h. 14 m. fut la plus importante. D'après les séismogrammes d'Alger elle fut environ 8 fois moins forte que celle qui devait un mois plus tard provoquer les dégâts signalés plus haut ; cependant elle entraîna déjà quelques dégâts en particulier au Douar Djermouna où 30 gourbis furent détruits. La surface macroséismique du 15 janvier fut beaucoup plus petite que celle du 17 février, en accord avec les enregistrements d'Alger : notés avec l'intensité V à Oued-Marsa, Tizi N'Béchar, Aïn-Merdja-Sliman, Périgotville, avec l'intensité IV ou III à Lafayette, Aïn Roua, Aïn-Abessa, Faucigny, Amouchas, Chevreul, elle passa inaperçue à Saint-Arnaud, Sillègue, El-Ourlia, Davout, Sidi-Aïch, El-Kseur, Bougie, Djidjelli, Montaigne, Texenna, localités où par contre la secousse du 17 février a été ressentie. Le rayon de l'aire macroséismique de la secousse du 15 janvier fut d'environ 25 kms.

Le 16 janvier à 3 h. 48 et 21 h. 33, le 17 janvier à 1 h. et à 4 h., le 18 janvier à 13 h. 24 de nouvelles secousses sont signalées à Oued Marsa et Kerrata, ainsi que le 7 février à 3 h. 15 et le 9 février à 4 h. 15.

La secousse principale du 17 février est suivie de répliques nombreuses (le 21 à 18 h., le 22 à 4 h. 05 m., le 23 à 19 h. 05 m., le 24 à 4 h. 10, le 25 à 3 h. et 4 h. 05, le 27 à 2 h. 48 m., etc., le 2 mars à 2 h., le 5 mars à 1 h. 45, le 13 mars vers 23 h., le 26 mars à 22 h. 40, etc.). La réplique du 27 février à 02 h. 48 m. a encore été suffisamment forte pour être ressentie dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour de Kerrata (Darghina, Oued Marsa, Tizi N'Béchar, Aïn Roua, Aïn-Abessa).

Il est intéressant de constater que la secousse principale (17 février) ne s'est pas produite au début de la série des secousses mais à peu près au milieu. M. Fournier, maire et conseiller général de Kerrata, nous a informés qu'il avait catalogué 61 secousses ressenties à Kerrata à partir du 15 janvier et jusqu'au mois de mai 1949.

### Structure géologique et cause du séisme ; extraits du rapport du Professeur Dalloni

Nous avons eu l'occasion de parcourir en détail la région sinistrée en compagnie de M. le Professeur M. Dalloni et de M. Ehrmann que je tiens à remercier de leur extrême obligeance. Je ferai ici de larges emprunts au rapport adressé par Monsieur Dalloni à M. le Gouverneur général de l'Algérie M.-E. Naegelen.

« Les environs de Kerrata font partie de la Kabylie des Babors, qu'on peut considérer comme le prolongement vers l'Est de celle du Djurdjura ; mais le massif ancien contre lequel s'appuie cette dernière disparaît ici entièrement et les chaînons constitués presque exclusivement par les terrains secondaires (Trias, Jurassique et Crétacé) arrivent jusqu'au littoral.

Le Trias est principalement représenté par des marnes bigarrées avec des amas de gypse ; le Jurassique est calcaire, le Crétacé essentiellement marneux.

Ce sont les calcaires jurassiques que l'Oued Agrioun a pu creuser dans une gorge profonde en aval de Kerrata et qui donnent lieu au défilé pittoresque du Chabet el Akra, dominé par de hautes murailles rocheuses ; on y peut reconnaître tous les termes de cette puissante série, dont l'épaisseur atteint peut-être plusieurs milliers de mètres, depuis les dolomies et les calcaires massifs du Lias inférieur et moyen, jusqu'aux bancs réglés du Lias supérieur ainsi que de la partie moyenne et supérieure du Jurassique. L'ensemble donne un relief tourmenté, aux sommets déchiquetés, aux flancs abrupts ; aussi ces montagnes sont elles très peu habitées, sinon désertes. (fig. 4)

Le contraste est saisissant avec les zones marneuses qui s'étendent à leur pied, correspondant à des couloirs assez étroits séparant les chaînons calcaires ou à de larges dépressions qui les bordent au Nord comme au Sud. C'est toute la succession des étages crétacés qui est ici représentée, non moins importante que la série jurassique, mais qui n'a conservé son ampleur normale qu'à une certaine distance de la chaîne, où les efforts de compression ont été moins violents. Dans la topographie ce ne sont plus alors de véritables montagnes, mais des coteaux aux versants plus ou moins adoucis, des plateaux peu élevés ou des plaines dont le sol meuble relativement fertile est propre à la culture des céréales. (fig. 3)

Le massif des Babors est caractérisé comme l'Atlas tellien tout entier par des plissements intenses, avec quelques particularités remarquables : sur toute la longueur de la gorge du Chabet les calcaires sont redressés jusqu'à la verticale et parfois même au delà. En plusieurs points, on observe les charnières de plis, anticlinaux ou synclinaux, pressés les uns contre les autres et groupés en faisceaux parallèles, approximativement dirigés de l'Ouest à l'Est.

Dans l'axe des anticlinaux peut apparaître le terrain le plus ancien de la région, le Trias, avec ses argiles rouges ou vertes, ses cagneules cavernueuses et ses amas de gypse ; mais la présence du même horizon si particulier souligne l'existence d'accidents beaucoup plus prononcés et d'un style très connu dans bien d'autres aires disloquées de l'Algérie : le refoulement latéral, après le plissement, a été si prolongé et si violent, qu'une notable partie de la série a été laminée, jusqu'au point de disparaître, tandis qu'entre des termes quelconques de la masse plissée les couches du Trias, particulièrement plastiques, quittant leur position originelle, sont venues s'injecter. La coupe fig. 2 montre plusieurs de ces plis perçants ou « diapirs » et d'autres contacts anormaux. Le plus intéressant de ces contacts anormaux est celui qui s'observe tout près de Kerrata à l'entrée amont des gorges : on est là sur le bord sud de la chaîne calcaire et sous le Lias inférieur se montre une mince lame de Trias gypseux, marquant l'axe d'un anticlinal ; mais l'autre flanc de ce pli n'existe pas, du moins en surface, il a glissé en profondeur le long d'une surface de chevauchement qui fait reposer le terrain le plus ancien de la région, c'est-à-dire le Trias, sur le Crétacé supérieur (marnes foncées bleuâtres) qui est le plus récent : le plan de contact est en effet légèrement incliné au Nord, indiquant que le déferlement des plis de la chaîne calcaire a tendance à recouvrir le synclinal crétacé (fig. 3).

En arrière, par suite de cet effort énorme de compression dû à une poussée venue du Nord, les plis affectant la masse calcaire se sont eux-mêmes écrasés les uns contre les autres, tandis que les synclinaux de marnes crétacées, qui les séparaient, se laminaient à l'extrême et que sur les lèvres de grandes et profondes fractures venaient haver les marnes à gypse du substratum triasique. Sur la coupe fig. 2 ont été indiquées les relations probables de ce substratum avec les accidents visibles à la surface : il en résulte une série d'écaillés imbriquées très caractéristiques.

La phase des plissements alpins qui a donné cette structure est, géologiquement, très récente, puisqu'elle date de la dernière partie des temps tertiaires et que, comme dans tout le Tell algérien et les régions méditerranéennes, elle a été suivie de mouvements « posthumes » dont la trace est, d'ailleurs, ici-même, extrêmement visible.

Ils se sont surtout traduits par des failles, plus ou moins verticales, qui devaient, nécessairement, succéder au jeu des forces tangentielles par un phénomène normal de décompression ; on les rencontre à chaque pas sur les parois des gorges ainsi qu'à l'intérieur de la chaîne calcaire et l'importance de ces surfaces de friction, parfaitement polies comme des miroirs, permet de mesurer celle des fractures. D'autre part, l'extraordinaire fragmentation de la masse rocheuse, parcourue en tous sens de multiples diaclases, montre à quel point elle a été broyée lors des mouvements orogéniques et des efforts qui depuis, sans doute, n'ont cessé de s'exercer sur elle.

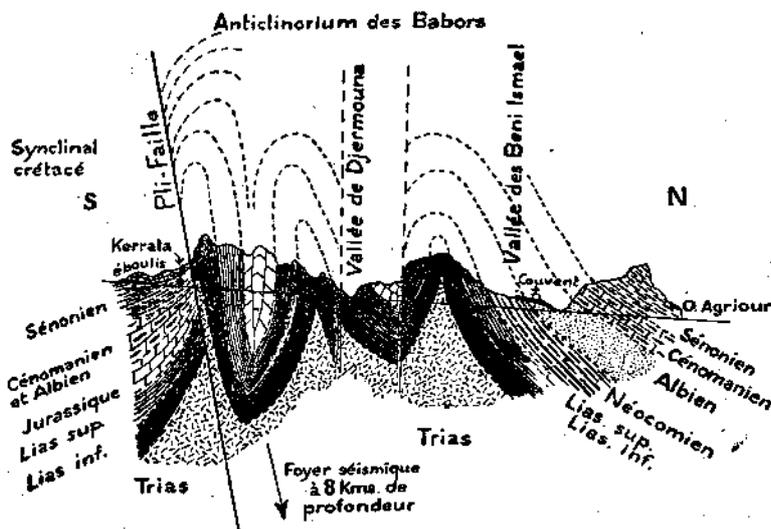


Fig. 2. — Coupe de l'anticlinorium des Babors.  
(d'après F. ERMANN, interprétée par M. DALLONI).

Si l'on ajoute à ceux-ci l'attaque incessante de l'érosion, dans la région qui est précisément la plus humide de l'Algérie et qui s'acharne à démolir ces reliefs depuis leur surrection, on comprendra à quel point ils peuvent être profondément atteints par les processus de destruction ; la circulation des eaux courantes, dans une telle masse fissurée et disloquée, encore facilitée par la verticalité des bancs et la dissolution rapide des roches calcaires, sape leur résistance jusque dans le tréfonds et avance leur ruine. »

En parcourant la zone sinistrée on constate clairement que cette zone correspond à la région géologique où les phénomènes de plissements ont atteint le maximum d'intensité. Le pli-faille de Kerrata qui sépare deux régions topographiquement et géologiquement si différentes, au Nord les Babors plissés et déversés, au Sud le pays de collines où le sénonien marneux est presque horizontal joue certainement au point de vue séismique un rôle important.

L'application de la formule de Gutenberg 
$$\frac{r}{h} = \sqrt{10^{\frac{I}{4} - \frac{1}{4}} - 1}$$

où  $I$ , est l'intensité à l'épicentre,  $r$  le rayon de l'aire macroséismique et  $h$  la profondeur du foyer

fournit avec  $r = 60$  et  $I_0 = 8$ , une valeur de 10 kilomètres environ pour la profondeur du foyer. On peut donc penser que le foyer des séismes de Kerrata se trouve sous le Djebel Djerrouna à la racine de « l'anticlinorium » des Babors (en groupant sous ce terme l'ensemble des plis de surface figurés sur la coupe fig. 2). Nous retrouvons donc ici comme dans les Alpes et d'une manière très nette, un exemple de foyer séismique coïncidant avec une racine de plis actifs : dans les Alpes occidentales les foyers séismiques correspondent à des zones de « racines de nappes » ; dans le Tell algérien le phénomène a été moins intense ; les nappes ont avorté et on observe seulement des déversements et des chevauchements locaux dont le pli-faille de Kerrata fournit un bel exemple.

Le point de vue que je viens d'exposer et qui m'a été dicté par l'étude des séismes alpins (1) se trouve confirmé dans le rapport du professeur Dalloni qui écrit : « Rien n'empêche de penser que le massif calcaire s'est légèrement surélevé et que, les failles périphériques ayant quelque peu rejoint, les marnes crétacées se sont affaissées sur son pourtour, ainsi que le montrent, du reste, de longues fentes qui s'y sont ouvertes après la plus forte secousse ; la dénivellation est parfois notable et le regard de ces petites failles est vers le Sud, en amont de Kerrata. Il s'agit donc bien d'un tremblement de terre tectonique, conséquence lointaine — sans doute après beaucoup d'autres — du mouvement orogénique qui a plissé la région et qui, à l'époque tertiaire, a poussé sur l'aire synclinale de Kerrata, en voie d'affaissement, la chaîne calcaire anticlinale si disloquée qu'elle borde au Sud. »

Dans la recherche des causes du séisme le professeur Dalloni, s'était demandé « si la pénétration des eaux superficielles jusqu'au niveau du Trias n'a pas été de nature à provoquer le séisme, en facilitant la dissolution des masses de gypse que contient ce terrain et, par suite, la formation de vastes cavernes souterraines destinées, finalement, à s'effondrer ; on ne peut oublier au surplus que de grandes cavités existent aussi souvent au sein de masses calcaires aussi fissurées que celles du Lias de Kerrata. » Il est très peu probable qu'il en soit ainsi car les séismes de ce genre sont généralement des séismes locaux, superficiels, ressentis sur une faible surface, inscrits à faible distance seulement. Le séisme de Kerrata ne présente aucun de ces caractères : la secousse principale a été inscrite dans de nombreux observatoires européens.

Comme le foyer séismique est très probablement situé à une dizaine de kilomètres de profondeur, il est normal que les effets du séisme à la surface soient irrégulièrement répartis et soient fonction de certaines conditions géologiques locales.

Les maisons de Kerrata qui ont été endommagées sont bâties sur des pentes de sénonien marneux recouvert souvent lui-même d'éboulis ou de sol rapporté. Comme l'écrit dans son rapport le professeur Dalloni « dans de telles conditions, le jeu normal d'un terrain sans homogénéité, accentué par la poussée au vide, suffit pour fissurer les murs et une secousse sismique, même faible, peut achever de disloquer les cloisons. Dans le village même de Kerrata, le comportement très différent, à cet égard, de constructions voisines les unes des autres, montre que celles qui ont été édifiées avec de bons matériaux sur un terrain en place ou bien tassé ont beaucoup mieux résisté. Le couvent des Pères Blancs est lui-même établi sur un sol superficiel, sans cohésion, qui repose sur des tufs calcaires, dépôts de sources incrustantes qui sont toujours caverneux et risquent de s'écraser au moindre choc. Quant aux maisonnettes ou gourbis indigènes, ce sont, à Djerrouna comme à Kerrata, et dans toute la zone sinistrée, des constructions sommaires, dont les murs sont formés de pierres calcaires plus ou moins bien calibrées, reliées par de la terre en guise de mortier ; mais en plus, comme précédemment, elles sont édifiées n'importe où, d'ordinaire sur des nappes d'éboulis en forte pente surplombant les thalwegs.

D'autre part, ces pauvres logis s'adossent quelquefois à d'énormes rochers qui ont dégringolé de la falaise (fig. 5), dont la stabilité est toute provisoire et précaire et que de fortes pluies pourront, un jour ou l'autre, faire dévaler jusqu'à la rivière ; il en est ainsi au-dessus même de Kerrata, où les maisons risquent d'être écrasées : de larges traînées de blocs, sur le flanc de la montagne, jalonnent de véritables couloirs d'avalanches. D'énormes accumulations de quartiers de roche, d'un vo-

(1) J.-P. Rothé, La sismicité des Alpes occidentales, Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 3<sup>e</sup> partie, Géophysique, tome III, 1941, pp. 1-100 ; tome IV, 1942, pp. 81-105.

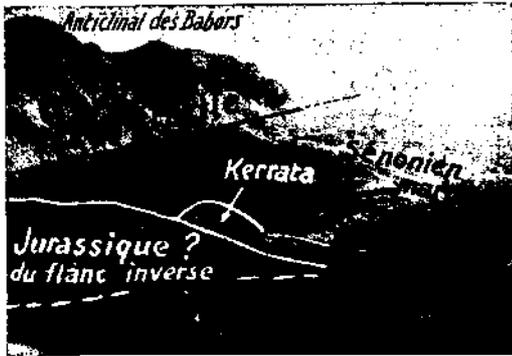


FIG. 3

Le pli-faïlle de Kerrata (cliché J.-P. Rothé).

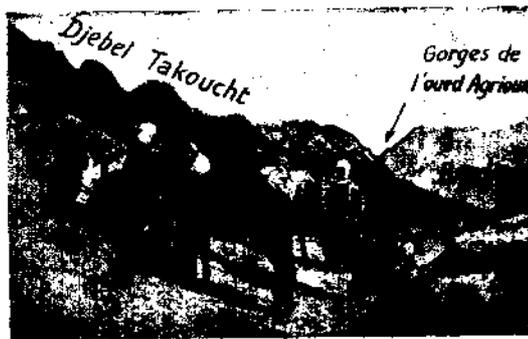


FIG. 4

Vallée de Djermouza (cliché J.-P. Rothé).



FIG. 5

Le pli-faïlle de Kerrata.  
Talus d'éboulis au donar Ferhous.  
(cliché J.-P. Rothé).

The first part of the paper discusses the importance of the research and the objectives of the study. It highlights the need for a comprehensive understanding of the subject matter and the role of the researcher in this process. The second part of the paper focuses on the methodology used in the study, detailing the data collection methods and the analytical techniques employed. This section is crucial for ensuring the reliability and validity of the research findings.

The results of the study are presented in the third part of the paper, showing the data collected and the conclusions drawn from it. The findings indicate that there is a significant correlation between the variables studied, which supports the hypothesis of the research. The fourth part of the paper discusses the implications of these findings and suggests areas for further research. It also provides a conclusion that summarizes the key points of the study and its contribution to the field.

In conclusion, the study has provided valuable insights into the subject matter and has identified several key areas for future research. The methodology used in the study was rigorous and thorough, ensuring that the results are reliable and valid. The findings of the study have important implications for the field and will be of great interest to researchers and practitioners alike. The study also highlights the need for continued research in this area to further our understanding of the subject matter.

lune considérable, sont entassées sur la rive gauche de l'Oued, sous le village et peut-être est-on en droit de penser qu'elles se sont écroulées à la suite d'un violent tremblement de terre. Pendant notre séjour à Djermouna, nous avons été témoins de la brusque chute d'un pan de muraille rocheuse, très impressionnante ; vers 14 heures, sans être provoquée par une secousse sismique, elle a littéralement fait disparaître sur une certaine longueur, l'escarpement calcaire qui surplombait à peu près verticalement le talus marneux, projetant, jusqu'à proximité des gourbis, des blocs pesant certainement plusieurs tonnes. Sur tout ce versant du Djebel Tachouaft un épais manteau de ces éboulis rocheux masque complètement le terrain en place.

Il y a là, pour les douars situés au pied de la montagne et peut-être même pour des maisons qui sont tout près de Kerrata, un danger permanent contre lequel il importe de se prémunir. Il en est de même, sur certains points, le long de la route nationale à la traversée des gorges, où de gros rochers en équilibre instable menacent de s'écrouler. » (1)

Il reste à expliquer la durée de la période sismique — plusieurs mois — le grand nombre des secousses ressenties et surtout le fait signalé plus haut que la secousse principale s'est produite au milieu de la série et non pas au début comme c'est généralement la règle.

### Etude microsismique

Les données suivantes ont été recueillies :

DISTANCE km	STATION	PHASE	TEMPS OBSERVÉS		O-C	PHASE	TEMPS OBSERVÉS		O-C
			O				O		
200,5	Alger	Pn	b.	m.	s.				
200,5	Alger	Pg	21	01	21,1	Sn	21	01	42,0
437,5	Tunis	iPn	01	25,0	+0,2	Sg	01	50,7	0
437,5	Tunis	iPg	01	54,1	+2,9	(S*)	02	50	+0,5
548	Alicante	Pn	02	15	+4	Sg	03	03	+0,5
548	Alicante	Pg	02	08	+2,5	(Sn)	03	11	(+7)
633	Tortosa	eP	02	28	-2,0	S*	03	21	+1
792	Cartuja	iPn	02	06	(-10)	eS	03	08	(-17)
792	Cartuja	iP*	02	35	-1,5				
863,5	Malaga	eP	02	55	-2	i(S*)	04	16	(-10)
893,5	Toledo	iP	02	44	-1,5	iS	04	52	?
1050	Clermont-Ferrand	iP	02	49	-0,5	iS	04	35	?
1232	Bâle	ePn	03	11	0	i(PP)	03	17	-
1238	Zürich	ePn	03	32,3	+1,3				
1293	Lisbonne	P	03	44,1	(+12,6)	e	06	54	-
1358	Strasbourg	eP	03	36,7	-1,3	e(PP)	03	40,8	-2,2
1358	Strasbourg	e	03	48	+1,5	e	05	26	-
1385,5	Paris	eP	04	35	-				
1385,5	Paris	iP	03	49	-1	iPP	04	02	+6
1480	Stuttgart	P	03	53	(+3)				
1521	Tamanrasset	eP	03	50	-2	ePP	04	03,5	+5,5
1521	Tamanrasset	iPP	04	03	-4	iS	06	37	(-11)
2531	Helwan	eP	04	12	-2	i	06	49	-
2531	Helwan	ePP	05	55	+2	S	10	15	+13
6610	Ottawa	eP	06	19	0	e	06	45	-
			10	53	+3				

48,8  
49,9

45,6  
51,2

Les distances ont été calculées à partir du point 36° 30' N, 5° 15' E ; les temps calculés (C) ayant servi à établir les valeurs figurant dans les colonnes (O-C) ont été déduits des tables de Joliat pour les distances inférieures à 1.100 kms et des tables de Macelwane pour les distances supérieures ; on a pris pour l'heure origine au foyer : 21 h. 00m. 50s. Les chiffres figurant dans la colonne (O-C) relative aux P sont généralement faibles : les tables employées s'accordent bien avec l'épicentre choisi.

(1) Lors de la secousse principale, la chute des blocs de pierre s'écroulant de la falaise dominant Kerrata sur la rive droite de l'Oued, derrière l'église, produisit un vacarme si fort qu'il dominait le bruit des objets, bouteilles, boîtes tombant dans la cuisine où se trouvait le témoin. (Observation rapportée par P. Seltzer).

### La sismicité des Babors

Dans le catalogue qu'on trouvera plus loin on verra que plusieurs séismes (30 novembre 1862, 1<sup>er</sup> juillet 1886, 6 août 1912) ont probablement eu leur foyer dans les Babors au voisinage de Kerrata. En plus de ces quelques secousses importantes de nombreuses petites secousses sont très fréquemment ressenties dans la même région. Pour en établir le répertoire pour la période 1919-1948, nous avons utilisé les listes annuelles publiées dans les Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg d'après les relevés du service météorologique d'Algérie. (1). Notre statistique porte sur 28 années (les relevés de 1943 et 1944 ne nous sont pas parvenus) et sur les stations de Kerrata (K), Tizi-N'Béchar (T), Oued-Marsa (O), Aïn-Merdja-Sliman (A) (maison forestière des Babors); en outre sont indiqués, le cas échéant, les renseignements en provenance de Bougie (B), de Périgotville (P) et de quelques autres stations.

En tout 139 secousses ont été signalées (soit 5 secousses par an en moyenne); elles se décomposent ainsi :

- 27 signalées seulement à Kerrata
- 53 signalées seulement à Tizi N'Béchar
- 24 signalées seulement à Oued-Marsa
- 3 signalées seulement à Aïn-Merdja-Sliman
- 13 signalées à la fois à Kerrata, Tizi N'Béchar et Oued-Marsa
- 9 signalées à la fois à Kerrata et à Oued-Marsa
- 10 signalées à la fois à Kerrata et à Tizi N'Béchar

DATE	STATIONS	DATE	STATIONS
21. 5.1919	K	11.10.1924	T
16.12.1919	K	7.12.1924	T
7. 5.1920	K	5. 2.1925	T
7.10.1920	K	4. 3.1925	T (2)
9.10.1920	K	7.11.1925	T
25.10.1920	K, Amouchas	3.12.1925	T
12. 2.1921	K	6. 2.1927	K, O, T
15. 2.1921	K	13. 2.1927	K
12. 9.1921	K	2. 3.1927	T
15. 4.1922	T N' Béchar	25. 3.1927	T
6. 5.1922	Bougie	6. 4.1927	T
22. 7.1922	K, Takitount, Amouchas.	7. 5.1927	O
29.10.1922	T	8. 4.1928	K, B, O
18.11.1922	T	9. 4.1928	K
18. 2.1923	T	9. 5.1928	T
27. 3.1923	T maisons lézardées	28. 7.1928	O
11. 5.1923	T, K	31. 7.1928	T
15. 5.1923	T	19. 8.1928	T, K
18. 5.1923	T (2)	22. 8.1928	T
1. 6.1923	T	29. 9.1928	K
18. 8.1923	T, K	20.10.1928	T
14.11.1923	T	10.11.1928	T
11. 3.1924	A	5.12.1928	O
25. 4.1924	T	1. 6.1929	O
27. 4.1924	T, K	10. 6.1930	O
13. 5.1924	T	30.11.1930	K, (assez violent), T, B, Amouchas, Périgotville, O. Amizour.
16. 6.1924	T		
19. 7.1924	T épïcéntré entre Akbou et Kerrata ?	10. 7.1931	K, O, B
		10. 7.1932	T
10. 9.1924	K, T	14. 9.1932	K, T, O

(1) Aujourd'hui Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie.

DATE	STATIONS	DATE	STATIONS
17.10.1932	K	18.11.1939	O (2)
18. 2.1933	O (2)	26. 2.1941	K, O, A, B
14. 3.1933	O, K (2)	28. 6.1941	T
24. 3.1933	O	27.11.1941	T, Périgotville
3. 8.1933	T	28.11.1941	T, Périgotville
6. 8.1933	T	21. 4.1942	K
1. 1.1934	T (2)	20. 5.1942	K, O
1. 5.1934	K	22. 9.1942	O
2. 5.1934	T	2.10.1942	O, Sétif
11. 5.1934	T (2), K, Sétif	3.10.1942	K, T, O, Ain-Ourcinéf
12. 5.1934	T (3)	19.10.1942	T, K
5. 9.1934	K	7.11.1942	K, O, (plafonds écroulés, maisons fendues), T (violent), A, B, P, Ain-Ouroinef, Sidi-Aïch, El- Kseur, Tabarourt.
3.10.1934	K	7.11.1942	K, O
21.11.1934	O	8.11.1942	O (2)
19.12.1934	O	12.11.1942	K, O, T, A, Ain-Ourcinéf.
28. 3.1935	K, O, T, Périgotville	7.12.1942	(*) T (5), P.
11. 4.1935	K, O	12. 1.1945	K
12. 4.1935	K	13. 4.1945	K, T
17. 6.1935	K, O, T	17. 5.1945	O
18. 6.1935	T, K, O	29. 6.1945	T
4. 3.1936	O, K	4. 8.1945	K, O
7. 8.1936	O	23. 3.1946	O, K
21. 9.1936	T	23. 3.1946	O
29. 1.1936	K, T, O, O. Amizour	24. 7.1946	O
18.12.1936	K	31. 7.1946	T, A
31.12.1936	A	3.12.1946	A
29. 4.1937	O, B, Cap Carbon	5. 8.1948	O
15. 7.1937	T (3)	25. 2.1948	K, A, T, O, Darguina, Cap Afia, Tabarourt, El-Kseur.
17. 7.1937	T		
20.11.1937	T		
18. 5.1938	K		
19. 5.1938	K		

(\*) Additif pour les années 1943 et 1944 : 7.10.1943, O, T ; 3.3.1944, O ; 23.5.1944, T ; 25.7.1944, O ; 10.9.1944, K ; 16.12.1944, K (3), O (2), A.

Il est très probable qu'une grande partie des secousses ressenties à Tizi N'Bechar l'ont été aussi à Kerrata ; l'observateur de cette dernière station a pu omettre de les noter.

La liste qu'on vient de lire et que nous croyons intéressant de reproduire en détail montre que l'activité séismique est à peu près permanente dans les Babors : 5 secousses en moyenne par an, une secousse plus forte (ressentie dans un périmètre comparable à celui de la secousse du 15 janvier 1949) en moyenne tous les deux ans — les dates de ces secousses sont imprimées en caractères gras.

En 1949, cependant, l'activité augmente nettement. La secousse du 17 février 1949 est indiscutablement la plus forte des 30 dernières années et elle s'accompagne d'une soixantaine de secousses prémonitoires ou de répliques. L'hypothèse classique de « tensions s'accumulant jusqu'à ce que le point de rupture soit atteint » et provoquant le séisme paraît peu justifiée par l'étude de la séismicité des Babors : une secousse importante peut dans un intervalle de temps réduit suivre un grand nombre de secousses beaucoup moins fortes.

II

Les séismes destructeurs en Algérie. — Détermination des épicentres

Les sources de documents

A) Listes annuelles de secousses sismiques ressenties en Algérie

1. — A. PERREY, Liste des tremblements de terre ressentis pendant les années 1844, ....., 1853, Mémoires de l'Académie de Dijon, années 1843-1844, ....., 1854.

2. — A. PERREY, Sur les tremblements de terre en 1854, ....., 1855, avec suppléments pour les années antérieures, Bulletin Académie des Sciences de Bruxelles, t. XXII, 1854, pp. 526-572, t. XXIII, 1856, pp. 23-68, t. XXIV, 1857, pp. 64-128.

3. — A. PERREY, Note sur les tremblements de terre en 1856, ....., 1871, avec suppléments pour les années antérieures, Mémoires couronnés et autres mémoires des savants étrangers, Académie des Sciences de Bruxelles, t. VIII (1859) à t. XXIV (1875).

La bibliographie détaillée de ces notes se trouve dans E. ROTHÉ et A. GOORON, Alexis Perrey, Mémoires de l'Académie de Dijon, juillet 1924, pp. 169-256.

4. — Bulletin sismologique (mensuel), Bureau Central météorologique de France, janvier 1910, ....., décembre 1919.

5. — Les tremblements de terre en Algérie, Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 2<sup>e</sup> partie, Séismologie, 1919, ....., 1935.

Tableaux annuels, rédigés par Mme Hée, des secousses ressenties ou inscrites en Algérie d'après des renseignements fournis par le Service météorologique d'Algérie et l'Observatoire d'Alger-Bouzaréah.

6. — MME A. HÉE, Les tremblements de terre en Algérie, Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Nouvelle série, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, t. I, ....., IV (1936, ....., 1939).

Continuation des catalogues précédents; les listes des années 1940 à 1949, conservées à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, seront publiées ultérieurement.

B) Catalogues et mémoires

7. — A. PERREY, Note sur les tremblements de terre en Algérie et dans l'Afrique septentrionale, Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon, année 1845-1846, pp. 299-323, Dijon, 1847.

Les renseignements assez sommaires s'étendent sur la période 1715-1846.

8. — M. CHESNEAU, Note sur les tremblements de terre en Algérie, Annales des Mines, Neuvième série, tome I, pp. 5-46, et deux planches hors-texte, Paris, 1892.

Ce mémoire contient des détails intéressants sur les secousses les plus importantes de la période 1716 à 1887; catalogue détaillé pour 1888; remarques géologiques.

9. — F. DE MONTESSUS DE BALLORE, La France et l'Algérie sismiques, Annales des Mines, septembre 1892, 9<sup>e</sup> série, t. II, p. 317 et suiv., une planche hors texte.

Très court commentaire d'une carte de l'Algérie indiquant le nombre de secousses ressenties en chaque localité.

10. — F. DE MONTESSUS DE BALLORE, Les tremblements de terre, géographie sismologique, Un volume, A. Colin, Paris 1906.

La sismicité de l'Afrique du Nord est étudiée aux pages 333-342; la fig. 56 représente la sismicité des villes algériennes.

11. — MME A. HÉE, La fréquence des tremblements de terre en Algérie (1911-1924), Publications du Bureau central sismologique international, Série B, Monographies, pp. 111-154 et une carte, Toulouse, 1925.

Les secousses ressenties en Algérie de 1911 à 1924 ont été classées par « mailles ». Cette méthode a l'inconvénient de séparer dans plusieurs tableaux les données relatives à un même séisme.

12. — L. STICKHARDT, Die Erdbebenätigkeit am Westrand des Mittelmeeres und ihre geologische Bedeutung, Jenaer Dissertation, 1931.

13. — A. CAVASINO, Note sul catalogo dei Terremoti distruttivi dal 1501 al 1929 nel bacino Mediterraneo, Pubblicaz. della comm. italiana per lo studio delle grandi calamità, vol II, Roma, 1931, pp. 29-60 et une carte hors texte.

Donne les dates de 14 séismes destructeurs en Algérie.

14. — A. SIEBERO, Erdbengeographie, Handbuch der Geophysik, Band IV, pp. 864-871, Berlin, 1932.

Liste sommaire — avec des lacunes — des principales secousses; 9 cartes isoséistes d'après Stickhardt.

15. — MME A. HÉE, La séismicité dans l'Afrique du Nord, 1911-1931, Matériaux pour l'étude des Calamités, No 28, (année 1931-1932), pp. 291-337, Genève, 1932.

Catalogue où les secousses de la période 1911-1931 sont classées par « régions géographiques ». Les données relatives à une même région sismique se trouvent parfois dans plusieurs tableaux différents.

16. — MME A. HÉE, Note sur la fréquence des tremblements de terre ressentis en Algérie, Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer, 3<sup>e</sup> année, No 13, février 1936, pp. 23-26; sur la fréquence des tremblements de terre en Algérie dans la période de 10 années 1911 à 1920, Comptes-rendus Ac. Sc. Paris, t. 179, 1924, pp. 984-986.

17. — MME HÉE, Catalogue des secousses sismiques en Algérie pendant la période 1850-1911, publié en annexe du présent mémoire, (Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Nouvelle série, Géophysique, t. 5, 1950).

Les secousses sont ici encore classées par mailles. Ce catalogue complète les listes précédentes et en particulier rassemble les observations dispersées de Perrey (1, 2, 3) et du service météorologique d'Algérie.

18. — Renseignements de presse. — Ces renseignements ont été recueillis par P. SELTZER d'après le dépouillement des journaux algériens en vue de compléter certaines lacunes dans les séries d'observations.

En outre plusieurs communications ou notes ont été publiées à l'occasion de secousses particulières. Ces notes seront mentionnées plus loin dans la description des secousses.

### C) Catalogues microséismiques

Depuis 1908 nous possédons pour d'assez nombreuses secousses des renseignements microséismiques et des déterminations d'épicentres.

19. — Bulletin sismique de l'observatoire d'Alger-Bouzaréah, (publication mensuelle polycopiée), 1910, ....., 1949.

Les données de ce bulletin sont depuis 1919 imprimées dans les Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg.

20. — Bulletin mensuel provisoire du Bureau international de Séismologie (Strasbourg), publication ronéotypée, paraît chaque mois depuis 1923.

21. — The International Seismological Summary (I.S.S.), Publication trimestrielle de l'Association internationale de Séismologie, 1918, ....., 1938. (publié à Oxford puis à Kew de 1923 à 1949).

22. — B. GUTENBERG and C. F. RICHTER, The seismicity of the Earth and the associated phenomena, Princeton University Press, un vol., 1949.

### Détermination des épicentres

Ce sont en général les renseignements microséismiques qui ont conduit aux déterminations d'épicentres. En effet la disposition des observatoires séismologiques, tous d'un même côté par rapport aux épicentres, ne permet malheureusement pas un calcul précis de ces épicentres par les méthodes microséismiques. Aussi les déterminations publiées en particulier dans l'International Seismological Summary ne doivent-elles être considérées que comme très approximatives et ne peuvent-elles pas être utilisées dans le but que nous nous sommes proposé. Bien souvent les épicentres indiqués par l'I.S.S. se placeraient à 100 ou 150 kms des zones piéto-séistes correspondantes : ces déterminations — dont la précision pour les séismes algériens n'atteint pas le degré en longitude ou en

latitude — restent valables à l'échelle mondiale mais toute interprétation géologique basée sur elles risquerait d'être erronée. Nous avons tenté nous-même quelques révisions de ces déterminations. Les résultats en seront discutés au fur et à mesure de l'étude de chaque secousse.

Nous indiquerons aussi les coordonnées — au degré près — de quelques épicentres algériens contenus dans l'ouvrage récent de Gutenberg et Richter (22).

### Classe des secousses

On sait que C. F. Richter a introduit depuis quelques années la notion de *magnitude* : c'est pour chaque séisme un nombre caractéristique permettant une comparaison quantitative de l'énergie mise en jeu dans les différentes secousses. La magnitude est définie par le logarithme de l'amplitude maxima du mouvement, amplitude exprimée en microns et mesurée sur un appareil standard placé à 100 km du foyer. Des formules permettent d'étendre cette définition aux différentes distances. L'échelle de magnitude est une échelle physique indépendante de l'observateur. L'énergie E (en ergs) d'un séisme est liée à sa magnitude M par une formule logarithmique :  $\log E = 12 + 1,8 M$ . Les plus grands séismes connus ont une magnitude de 8,5 (énergie d'environ  $10^{27}$  ergs).

En nous conformant à la méthode suivie par Gutenberg et Richter (22) nous rangeons :

dans la classe c les séismes de magnitude 6,0 à 6,9

dans la classe d les séismes dont les phases P et S nettes sont inscrites au delà de 1.000 kms de l'épicentre (magnitude comprise entre 5,0 et 5,9)

dans la classe e les séismes inscrits par Alger et les stations espagnoles,

dans une classe f les séismes inscrits uniquement à Alger.

L'étude microsismique complète des inscriptions obtenues à Alger-Bouzaréah reste à faire : il serait sans doute intéressant de comparer entre elles les inscriptions de séismes de même origine et aussi de déterminer — au moins approximativement — l'énergie relative de chaque séisme.

A partir des renseignements contenus dans les diverses sources que nous venons de passer en revue, nous avons essayé de présenter une description résumée de chacun des séismes importants ou ayant provoqué des dégâts, cette description ayant avant tout pour but de justifier les coordonnées proposées pour l'épicentre.

Dans la liste suivante, pour chacune des secousses pour laquelle un épicentre a pu être déterminé, nous indiquons le numéro d'ordre, la date, l'heure origine, les coordonnées de l'épicentre et la classe du séisme (pour les séismes postérieurs à 1907).

Les épicentres accompagnés du numéro d'ordre correspondant sont reportés sur la carte planche I. (fig. 11).

### Description résumée des principales secousses

— 3 FÉVRIER 1716, A 2 H. : EPICENTRE INCERTAIN (Atlas Mitidjien ?).

« Secousse terrible » à Alger : beaucoup de maisons s'écroulèrent, toutes furent endommagées et un grand nombre d'habitants périrent écrasés (M. DE GRAMMONT, Histoire d'Alger) ; des incendies éclatèrent. Des répliques eurent lieu le 4, le 5 et surtout le 26 février où la secousse fut presque aussi forte que le 3. De nombreuses maisons s'écroulèrent.

« A la suite de ce tremblement de terre, les maisons d'Alger furent reconstruites par ordre du dey en vue de résister aux secousses futures, telles que nous les voyons aujourd'hui, s'appuyant autant que possible les unes contre les autres ; et les planchers des étages supérieurs reposant sur des poutrelles de cèdre dépassant de plusieurs pieds les murailles de façon à ne pas s'effondrer, même quand celles-ci viendraient à s'écarter notablement les unes des autres ». (8, p. 8).

En mai et juin 1716 de violents tremblements eurent encore lieu ; plus de 20.000 personnes périrent (Collection Académique, citée par PERREY, 7).

D'après SIEBERO (14) ce séisme fut également destructeur à Blida, et il est probable que l'épicentre se trouvait au voisinage de l'Atlas Mitidjien.

. — 5 AOUT 1717, A 23 H. : EPICENTRE EXACT INCONNU.

D'après PERREY (7) citant la « Collection académique », il y eut un tremblement très considérable qui causa à Alger de grands ravages.

. — 29 NOVEMBRE 1722 : EPICENTRE EXACT INCONNU.

D'après la « Gazette de France » du 20 février 1723, citée par PERREY (7), des maisons furent endommagées à Alger par plusieurs secousses.

. — JANVIER 1758 : EPICENTRE EXACT INCONNU.

D'après PERREY (7, p. 314) citant le « Journal historique », on mandait de Gênes que la province de Constantine venait d'être désolée par de nouveaux tremblements de terre et que Tunis avait ressenti de violentes secousses. Une grande partie des maisons s'était écroulée et plusieurs milliers d'habitants avaient péri sous les ruines.

1. — 9 OCTOBRE 1790, A 1 H. : 35°7 N, 0°7 W.

D'après CHESNEAU (8, p. 9) ce séisme fut le plus désastreux qu'ait jamais subi l'Algérie : il bouleversa Oran, amena la révolte des Arabes contre les Espagnols et entraîna finalement leur expulsion d'Afrique. La secousse a été décrite par H. L. FEY dans son « Histoire d'Oran ». Le mémoire de CHESNEAU contient de nombreux détails : presque toutes les maisons furent renversées ensevelissant près de trois mille victimes. Le palais de la Kasbah, la trésorerie, l'intendance, la caserne du régiment des Asturies et les églises s'écroulèrent. Don Nicolas Garcia, gouverneur général par intérim, périt ainsi que 765 hommes du régiment des Asturies. Des incendies éclatèrent. Des mesures rigoureuses furent prises pour défendre la ville contre les Arabes et les pillards. Les rares habitations encore debout furent évacuées et la population invitée à s'établir sur le sommet de l'escarpement.

La zone où les secousses du tremblement de terre firent ressentir leur effet désastreux est entièrement comprise dans la dépression située entre la base du Mourdjadjjo et la colline sur laquelle s'élève le château neuf ; ni le château neuf, ni les forts de Santa-Cruz et de Saint-Grégoire ne paraissent en effet avoir souffert du cataclysme qui détruisit à peu près complètement l'ancienne ville d'Oran confinée alors dans cette région. Ce tremblement de terre se fit également ressentir sur les côtes d'Espagne et à Malte (d'après Mercalli).

Le foyer du séisme était probablement sous-marin et au voisinage même d'Oran.

. — 7 NOVEMBRE 1802, A 11 H. 45. : EPICENTRE DOUTEUX (région de Blida ?).

D'après SIEBERG (14) ce séisme fut ressenti à Alger et Blida. CHESNEAU n'en fait pas mention mais PERREY d'après le « Journal des Débats » signale que la secousse fut particulièrement forte aux environs de Blida ; un village de 200 feux a été englouti. Des vaisseaux sentirent la secousse à 50 milles de la terre (7, p. 316).

. — 18 NOVEMBRE 1807 : EPICENTRE EXACT INCONNU.

A Alger violente secousse, édifices renversés ; les secousses durèrent jusqu'au 26 novembre (7, p. 316).

2. — MARS 1819 : 35°4 N, 0°1 E.

A Oran il n'y eut que quelques édifices légèrement lézardés ; à Mascara, presque toutes les maisons furent renversées et un grand nombre d'habitants périrent sous les décombres (8, p. 12). L'épicentre est sans doute voisin de la ville.

3. — 2 MARS 1823 A 7 H. : 36°4 N, 2°8 E.

Destruction de Blida et de deux villages voisins ; 7.000 personnes environ, formant la moitié de la population, furent ensevelies sous les ruines. Le Dey fit organiser le déblaiement des ruines mais on ne put retirer que très peu de monde vivant. Il y eut 11 secousses très violentes du 2 au 6

mars qui se firent ressentir dans tout le « petit Atlas » ; quelques heures avant les premières secousses tous les puits et toutes les sources de Blida et des environs avaient été taris. Les secousses provoquèrent à Alger une forte panique mais peu de dégâts. (8, p. 12-14)

. — 14 AVRIL 1839, A 14 H. 05 : EPICENTRE INCONNU.

La secousse fut fortement ressentie à Constantine et à Alger où des maisons délabrées s'écroulèrent. (8, p. 14). Faute d'autres renseignements l'épicentre ne peut être déterminé : il pourrait être situé soit dans les Bibans soit dans les Babors.

4. — NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1846 : 36°6 N, 2°2 E.

Du 3 novembre au 8 décembre la ville de Cherchell fut ébranlée par un « essaim » de secousses, certaines furent ressenties à Alger.

Les murs de la caserne de Cherchell et presque toutes les maisons furent lézardées ; la population effrayée campa dans les jardins. On compta jusqu'à 23 secousses dans la même journée. (8, p. 14-15). L'épicentre est situé probablement au voisinage de Cherchell.

5. — 18 JUIN 1847, A 5 H. 40 M. : 36°7 N, 2°9 E.

Maisons lézardées à Douéra VI-VII ; chutes de pierres à Kouba et Koléa (VI-VII) ; tintement des cloches à Cherchell (VI) ; ressenti à Alger et Blida (8, p. 15).

La secousse s'étendit comme en 1846 à toute la zone côtière de la province d'Alger.

6. — 9 FÉVRIER 1850 (NUIT) : 36°3 N, 4°8 E.

Maisons détruites à Zamora-el-Guenzet, dans le Massif des Bibans ; quelques dégâts à Bordj-Bou-Arréridj ; secousse ressentie jusqu'à Alger et Douéra, à 170 kms de l'épicentre. (17)

7. — 17 DÉCEMBRE 1850, A 12 H. 30 M. : 36°5 N, 7°4 E.

Murs lézardés à Guelma ; ressenti aussi très fortement dans les villages de Millesimo, Petit-Héliopolis ; murs lézardés dans la gorge de Hamma-Berda ; ressenti assez fort à Bône (17)

8. — 22 NOVEMBRE 1851, A 9 H. 30 M. : 35°4 N, 0°1 E.

« Violente commotion à Mascara, trois secousses successives ; longue et sourde détonation ; toutes les maisons françaises furent plus ou moins endommagées, trois s'écroulèrent. On n'eut heureusement à déplorer la mort de personne ; quelques chevaux seulement furent écrasés. Les animaux étaient frappés de stupeur ; on vit les chiens sauter par les fenêtres ». (8, p. 16).

Nous avons admis un foyer voisin de Mascara. Répliques le 23 et le 24 novembre.

. — 4 DÉCEMBRE 1851 : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Fortes secousses à Teniet-el-Haad : tous les soldats de la garnison croyant que la caserne allait s'écrouler se hâtèrent d'en sortir. (8, p. 16).

9. — 15 MAI 1854 : 36°4 N, 2°7 E.

« Dommages à quelques maisons à Blida ; éboulements considérables au rocher des singes dans les gorges de la Chiffa ». (17).

Nous avons admis un foyer un peu au sud de Blida, au voisinage des gorges.

10. — 21 ET 22 AOÛT 1856 : 37°1 N, 5°7 E ; CLASSE C ?

Ce séisme et ses répliques méritent une place à part : destructeur sur la côte algérienne il a eu très probablement son foyer en mer et a été accompagné d'un ran-de-marée.

La première secousse eut lieu le 21 août vers 10 heures du soir, la seconde très violente, le 22

à 11 h. 50 m. De nombreuses répliques suivirent, ressenties surtout à Djidjelli, Stora, Philippeville et durèrent jusqu'en octobre.

H. DE SÉNARMONT (26) a résumé les rapports rédigés sur l'ordre du Maréchal Vaillant par les ingénieurs et sous-préfets de la zone dévastée. Les rapports mentionnent : « des monceaux de ruines à Djidjelli, à Collo, à Philippeville ». Dans la banlieue de Philippeville les constructions les plus stables, les culées d'un pont par exemple, sont ébranlées. A Djidjelli la tour génoise s'effondre. A Bougie un feu du port est presque renversé. Des maisons sont dégradées ou lézardées à Sétif, Batna, Constantine, Guelma (cloche mise en branle), Bône ; aucun dégât à Alger et La Calle. Des crevasses se forment aux environs de Philippeville, des gerbes d'eau et des éruptions de vase sulfureuse jaillissent autour de Djidjelli.

D'après CHESNEAU les centres d'habitation de la vallée du Saf-Saf furent fortement endommagés en particulier Gastronville et Robertville. A Philippeville une partie du clocher de l'église fut renversée, l'hôtel du commandant supérieur et l'hôpital militaire furent lézardés et les casernes évacuées. A Bône la première secousse fut peu violente mais la seconde le 22 août provoqua la chute de cheminées et des lézardes dans quelques maisons (8, p. 16-18). A Djidjelli la population avait abandonné la ville après la première secousse ; il n'y eut que 3 morts mais après la seconde secousse la ville fut presque entièrement détruite, seul le bâtiment de la manutention militaire subsistait. Les 75 maisons de Collo et la mosquée sont en ruines. (24).

D'après un article paru dans *l'Illustration* (tome XXVIII, p. 145) il serait faux que Philippeville ait été détruite ; il n'y eut que quelques dégâts signalés ci-dessus. Stora est citée comme localité éprouvée. Dès les premières secousses les autorités ont fait évacuer les maisons et la population a campé pendant plusieurs jours sous des tentes. Dans le même journal (*l'Illustration*, 2<sup>e</sup> semestre 1856, tome XXVIII, p. 221) se trouvent deux gravures représentant le côté ouest de Djidjelli avant et après le séisme : la ville est presque entièrement détruite. Il y eut 5 morts. La mer se mit à bouillonner et il y eut un raz-de-marée de 2 à 3 mètres de hauteur.

M. AUCAPITAINE cite Djidjelli et Bougie comme les villes les plus touchées. A Bougie la mer a reculé de 35 mètres pour se précipiter à nouveau à 3 reprises sur la grève (25) ; quelques maisons furent ébranlées et les fontaines qui étaient presque taries donnèrent de l'eau en abondance : l'Oued Sahel presque à sec se mit à débiter un volume d'eau considérable.

Comme l'avait déjà proposé H. DE SÉNARMONT (26) l'épicentre de cette secousse est très certainement sous-marin à quelques kilomètres au nord de Djidjelli et probablement voisin du point (à 15 milles au N 7° E de Djidjelli) où l'avis « Tartare » ressentit la secousse avec une extrême violence.

La secousse paraît avoir été ressentie dans tout le bassin méditerranéen occidental, à Nice (23), à Mahon (raz-de-marée), à Carloforte, Iglesias et San Pietro (Sardaigne) (25).

En communiquant à l'Académie des Sciences la lettre du Baron Prost, ELIE DE BEAUMONT fit remarquer le fait curieux « que les secousses du 21 et du 22 août dont la propagation s'est arrêtée à une petite distance le long du pied de l'Atlas se sont étendues au contraire dans une direction transversale jusqu'aux montagnes qui bordent les côtes septentrionales de la Méditerranée. » (23).

23. — Anonyme, Tremblement de terre, extrait d'une lettre de M. Prost à M. Elie de Beaumont, et remarques du Secrétaire Perpétuel, C.R.A.S., t. XLIII, p. 552.

24. — Gautier de Claubry, Sur les effets du tremblement de terre des 21 et 22 août 1856 dans certaines parties de l'Algérie, C.R.A.S., tome XLIII, pp. 589-590.

25. — Aucapitaine, Note sur le tremblement de terre senti en Algérie du 21 au 25 août 1856, C.R.A.S., t. XLIII, p. 765.

26. — H. de Sénarmont, analyse des documents recueillis sur les tremblements de terre ressentis en Algérie du 21 août au 15 octobre 1856, Comptes-Rendus Ac. Sc., t. XLIV, pp. 586-594.

27. — Paulin (V). — Le tremblement de terre à Djidjelli (Afrique), *l'Illustration*, 2<sup>e</sup> semestre 1856, tome XXVIII, p. 221-222, 2 figures.

— 9 MARS 1858, A 4 H. 30 M. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Trois secousses ont été ressenties simultanément à Blida, Miliana, Boufarik, Alger et Cherchell ; dans cette dernière localité quelques maisons ont été lézardées (VI-VII). (3, tome XII, p. 37). Ces secousses ont été suivies le 10 mai de deux autres secousses ressenties dans le Sahel d'Alger.

11. — 27 SEPTEMBRE 1860 : (36°3 N, 4°5 E), EPICENTRE DOUTEUX.

« A Bordj-Bou-Argeridj, légère secousse ; plus forte à Tazmalt. Des maisons se sont écroulées dans les villages de l'Oued-Sahel, tels que Tensaout et Taourirt. » (3, tome XIV, p. 64).

12. — 8 JUIN 1862, A 12 H. 45 M. : (35°7 N, 0°5 E).

Très forte secousse à Relizane, précédée d'un bruit sourd. Beaucoup de maisons plus ou moins lézardées. Secousse ressentie également à Mostaganem.

Plusieurs répliques ressenties à Relizane dans la journée du 8 juin, le 9 à 1 h. (réveil de toute la population), et le 9 à 21 h. 30 m. (3, tome XVI, 1864, p. 151).

L'épicentre, en raison du nombre de secousses signalées à Relizane, doit être voisin de cette localité.

13. — 30 NOVEMBRE 1862, A 0 H. 25 M. : (36°5 N, 5°3 E).

D'après PERREY (3, 1862, p. 169) à Takitount des cheminées et des murs ont été lézardés. La secousse a été fortement ressentie à Sétif (pendules arrêtées) et signalée à Bougie, Djidjelli et Philippeville ; elle n'a pas été ressentie à Constantine et à Bordj-Bou-Argeridj.

Cette secousse est très probablement originaire des Babors aux environs de Kerrata. La zone macrosismique définie ci-dessus est un peu plus étendue que celle du séisme du 17 février 1949.

14. — 2 JANVIER 1867, A 7 H. 13 M. : 36°25' N, 2°41' E.

PERREY a donné de nombreux détails sur cette secousse désastreuse (3, t. XXI, 1870, p. 119-126)

D'après CHESNEAU le village de Mouzaïaville fut presque entièrement détruit : 48 tués, 100 blessés. A la Chiffa et à El-Affroun les dégâts furent également très importants ; dans ce dernier village il y eut 18 tués et 60 blessés. A Ameur-el-Ain 3 tués et plusieurs blessés. (8, p. 19).

Le baron Aucapitaine qui se trouvait à la Chancelade à 5 kms au sud de Mouzaïa sur les premières pentes de la montagne y place le centre du séisme : les détonations souterraines s'y firent entendre de façon presque continue pendant plusieurs heures. Le même auteur fait remarquer que entre la Chancelade et Mouzaïaville se trouvaient les ruines d'une bourgade romaine, Tanaramusa Castra, qui aurait disparu tout à coup détruite par un séisme. Parmi les répliques celle de 9 h. fut très forte. Le baron Aucapitaine écrit : « A la secousse de 9 heures, j'ai réellement cru que c'était fini, tant à cause du bruit souterrain que de la durée des oscillations. Je me suis souvent trouvé en danger, j'ai vu la mort de bien près, jamais je n'ai été envahi par un sentiment aussi profond de terreur, jamais je n'ai mieux compris l'impuissance de l'homme ».

La plupart des maisons écroulées étaient construites en galets imparfaitement reliés par de la terre où l'on trouvait à peine trace de chaux. Le théâtre de Blida, construit en briques cimentées à chaux et à sable, n'a subi aucun dommage ; de même à Miliana, les casernes et l'hôpital neuf n'ont éprouvé que des lézardes sans importance ; à la Chiffa, Mouzaïaville, El-Affroun, Bou-Roumi, où les maisons écroulées formaient des monceaux de ruines, toutes les parties construites en briques ont résisté à l'ébranlement général.

En revanche, les constructions en pierre de taille paraissent avoir souffert davantage : le pont en fer de Bou-Roumi, qui repose sur deux culées en pierre de taille, a été fortement éprouvé ; les pilastres se sont détachés du corps des culées en amont et en aval ; les parapets, également en pierre de taille, se sont disjointes.

Le pont de l'Oued-Djer, d'une construction semblable, a été encore plus éprouvé : le parapet en amont a été complètement renversé du côté de la rive gauche. (8, p. 21).

La secousse principale fut très largement ressentie : Blida, grand nombre de maisons lézardées ; les édifices publics ont beaucoup souffert ; 1 seul blessé. Alger, violentes secousses à 7 h. 13 m. et à 9 h. 40 m., dégâts légers seulement ; Médéa, quelques dégâts ; Marengo, Dupperré, Tipaza, peu de dégâts malgré la proximité de l'épicentre ; maisons endommagées à Dalmatie, Douera et Cherchell ; secousse signalée à Miliana, Boghar, Teniet-el-Haad, Aumale, Dellys, Tizi-Ouzou, Dra-el-Mizan, Fort-National, Orléansville, très faiblement à Djidjelli ; néant à Laghouat et Djelfa.

A signaler d'après l'Abhhar du 8 janvier 1867 que les indigènes habitant les versants du Nador et les contreforts du Petit Atlas étaient inquiets depuis le 1<sup>er</sup> janvier au matin, observant que les sour-

ces tarisaient à vue d'œil au point que le soir ils n'avaient plus d'eau pour leur consommation et pour l'abreuvement des bestiaux.

Un pendule installé à l'arsenal d'Alger inscrivit sur une plaque de verre fumé les oscillations ; la reproduction de l'inscription obtenue figure aux Comptes-rendus de l'Académie des Sciences (28).

Il y eut de très nombreuses répliques : à Blida on en compta une vingtaine jusqu'au 9 janvier. Le 29 juin 1867 il y eut encore une très forte secousse à Mouzaïaville précédée d'une détonation terrible et signalée également à Blida et Aumale où une portion de corniche de la caserne de gendarmerie est tombée.

28. — COCHARD, Lettre sur le tremblement de terre d'Alger, Comptes-Rendus Ac. Sciences, Paris, t. LXIV, 1867, p. 34.

15. — 4 FÉVRIER 1867, A 3 H. 37 M. : (35° N, 4° E).

Séisme très étendu dont l'épicentre est difficile à fixer : fort à Djelfa et Bou-Saâda ; légères lézardes à Fort-National ; ressenti à Bordj-Bou-Arreidj, Boghar, Biskra, Alger, Blida, El-Affroun, Boufarik, Batna. (3, t. XXI, p. 140-141).

A noter que Djelfa n'avait pas ressenti la secousse destructrice du 2 janvier : bien qu'aucun dégât ne soit signalé le 4 février la surface macroséismique a été plus grande que celle du séisme du 2 janvier 1867. D'après le Bulletin de la Société Géologique de France (Tome XXVI, séance du 15 février 1869) ce séisme fut ressenti (le 5 ?) dans « la contrée de Laghouat ». Nous admettons qu'il s'agit d'une secousse originaire de l'Atlas saharien au sud de Bou-Saâda. Le rayon de l'aire macroséismique aurait dépassé 200 kilomètres.

. — 19 JUILLET 1867, A 16 H. 20 M. : EPICENTRE EXACT INDÉTERMINÉ

Secousse très forte à Sétif et surtout dans le voisinage où le moulin de l'Oued Kerma a éprouvé quelques dommages ; plusieurs maisons ont été fortement ébranlées au village des Eulma. (3, t. XXI, p. 179).

16. — 17 AOÛT 1868, A 17 H. : (36°4 N, 1°2 E).

Quatre secousses ont été ressenties le 17 et 18 août 1868 à Ténès où on n'a constaté que quelques lézardes à l'hôpital et dans quelques maisons particulières. La secousse de 17 heures a été fortement ressentie dans la vallée du Chélif (3, t. XXII, n° 3, p. 94). L'épicentre difficile à déterminer exactement se trouve probablement dans le Massif du Dahra, où s'est produit en 1922 le séisme destructeur de Cavaignac.

17. — 20 SEPTEMBRE 1869 : (36°5 N, 2°6 E).

Ressenti fortement à El-Affroun et La Chiffa, quelques maisons lézardées à Mouzaïaville, secousse signalée à Alger, Blida, Médéa et Chebli (3, t. XXII, p. 78).

18. — 16 NOVEMBRE 1869, A 12 H. 45 M. : 34°9 N, 5°9 E.

Cette secousse est particulièrement curieuse car elle intéresse une région de l'Atlas saharien dont la séismicité — mise à part cette grande secousse — paraît à peu près nulle. Plusieurs des oasis voisines de Biskra subirent des dommages considérables. A Biskra les bâtiments militaires furent lézardés ; le mouvement vertical de soulèvement, suivi d'un affaiblissement fut très net. A Seriana : nombreuses maisons renversées, un tué ; Sidi-Okba, 45 maisons renversées, 8 morts, 3 blessés ; Gurta : un tiers des maisons détruites, 2 morts, 7 blessés ; Tchouda, Drou, Méchourek : maisons endommagées, 4 morts. (29).

Dans un rayon de 30 kms on compte près de deux cents maisons à terre, 30 tués et un grand nombre de blessés. (3, t. XXII, p. 102-105).

A El-Hebbab plusieurs maisons sont tombées et des escarpements s'écroulèrent. De grands nuages de poussière visibles de Biskra s'élevaient à l'emplacement des éboulements et des villages détruits.

La secousse fut fortement ressentie à Batna, et faiblement à Sétif, à 150 kms de Biskra.

On ressentit à Biskra 11 secousses entre le 16 novembre et le 20 novembre ; des secousses plus faibles très nombreuses durèrent jusqu'au 28 novembre.

29. — OLIVIER (E.), Secousses de tremblements de terre à Biskra, Algérie du Sud, du 16 au 19 novembre inclusivement, Comptes-Rendus Ac. Sciences, Paris, t. LXX, 1870, pp. 48-51.

19. — 29 JUILLET 1872, A 8 H. 15 M. : 35°9 N, 0°1 E.

Plusieurs maisons lézardées à Mostaganem ; la croix du clocher de Mazagan a été renversée (VII) ; la secousse a été ressentie jusqu'à Oran et Alger. (17).

20. — 28 MARS 1874, A 11 H. 10 M. : 36°6 N, 2°2 E.

A Cherchell, maisons presque toutes lézardées, exode des habitants, la caserne a particulièrement souffert (VII) ; secousse ressentie à Alger (17).

21. — 23 MARS 1876, A 6 H. 34 M. : 36°5 N, 2°6 E.

A El-Affroun des maisons furent lézardées (VII) ; très forte secousse à Oued-Djer (VI) et à Mouzaïville où le séisme a été ressenti dans un train en marche (VI) ; ressentie à Alger et Médéa. (17).

22. — 16 AU 17 JANVIER 1885 (NUIT) : 35°5 N, 5°7 E.

Fortes secousses sur le territoire de la commune mixte de N'Gaous (Constantine) au douar des Ouled-bou-Adjina ; 3 maisons indigènes se sont écroulées ; affaissement du sol sur une longueur de 100 mètres de large, produisant une crevasse de 8 mètres de profondeur (8, p. 25).

La secousse du 30 janvier 1885 à 9 h. 30 m. ressentie à Bougie, Sétif, Bordj-Bou-Arréridj et Bou-Saâda est peut-être une réplique. (8, p. 25).

23. — 3 DÉCEMBRE 1885, A 20 H. 30 M. : 36°1 N, 4°6 E.

Cette secousse a été largement ressentie « dans un triangle dont la base, longue de 800 kms, serait la ligne du littoral, de Nemours à Collo, et le sommet Ghardaïa, à 400 kilomètres de la côte. Les mouvements ont été beaucoup plus accentués dans l'Est, notamment à M'Sila, Bou-Saâda, Sétif, Batna, et Bordj-Bou-Arréridj ; dans cette dernière localité on n'a pas compté moins de 40 secousses du 3 au 31 ; les dégâts ont été considérables ». (8, p. 26). Les secousses ont continué à Bordj-Bou-Arréridj pendant les premiers mois de 1886 ; au 31 mai 1886, 57 secousses ont été ressenties depuis le 3 décembre 1885. (8, p. 27-28).

Nous avons admis un épïcêtre voisin de celui du séisme du 8 janvier 1887 (voir plus loin).

24. — 1<sup>er</sup> JUILLET 1886, A 9 H. 45 M. : (36°5 N), (5°3 E).

A Takitount, habitations endommagées (VII) ; secousse ressentie fortement à Sétif et faiblement à Djidjelli et Bougie. Plusieurs répliques à Takitount les jours suivants (8, p. 28).

L'épïcêtre se trouve probablement dans les Babors, peut-être au voisinage de Kerrata (qui dépendait alors de la commune mixte de Takitount).

25. — 9 SEPTEMBRE 1886, A 11 H. 15 M. : 36°2 N, 3°6 E.

Fortes secousses à Aumale et Aïn-Bessem ; quinze constructions arabes, qui étaient d'ailleurs délabrées, ont été détruites dans les Ouled-Mériem et les Ouled-Boussaaf (8, p. 28).

26. — 8 JANVIER 1887, A 20 H. : 36°1 N, 4°6 E.

Les dégâts ont été importants à Bordj-Bou-Arréridj où des maisons et le bordj militaire ont été fortement lézardés (VII) mais l'épïcêtre d'après CHESNEAU (8, p. 29) doit se trouver dans les Bibans, à l'ouest de Bordj-Bou-Arréridj ; en effet à Mansourah quarante gourbis s'effondrèrent et plusieurs maisons d'administration furent endommagées (VIII) ; à Medjana et à Achir des murailles

s'écroulèrent. La secousse fut ressentie à Sétif, M'Sila, Azazga et probablement Bougie.

Plusieurs répliques ont été ressenties les jours suivants et les secousses se sont continuées pendant plusieurs mois à Bordj-Bou-Arréridj, qui formait le centre de la zone ébranlée (8, p. 30).

27. — 29 NOVEMBRE 1887, A 13 H. 30 M. : 35°35' N, 0°20' E.

Importante secousse dont le centre, d'après CHESNEAU, paraît avoir été la vallée qui descend de Kalaâ à P'Hillil et que suit la route de Mascara à Mostaganem.

Les principaux dégâts s'observaient à Kalaâ et dans les villages voisins de Debba et de Tihouanet : des pans de rochers s'écroulèrent du haut des montagnes, la mosquée de Kalaâ, dont le minaret était très délabré, s'effondra, écrasant les maisons environnantes ; 331 constructions furent détruites, 20 personnes périrent écrasées et 5 furent légèrement blessées (IX-X). CHESNEAU a donné une carte schématique indiquant la position du quartier détruit et des éboulements (8, p. 31 et 36). A P'Hillil il n'y eut que quelques lézardes (VI-VII) ; la secousse fut ressentie à Mascara, Relizane, Oran.

28. — 6 JANVIER 1888, A 23 H. 40 M. : 36°5 N, 2°6 E.

A El-Affroun, l'église, l'école et la mairie ont été endommagés et nombre de maisons lézardées ; grande panique (VIII) nombreux dégâts à Mouzaïville, La Chiffa et Oued-Djer. Partout les populations étaient terrifiées (VII-VIII) ; (8, p. 32). Les dégâts les plus importants se sont produits dans les fermes au pied de l'Atlas entre la Chiffa et El-Affroun. A Blida, quelques glaces fendues et quelques plafonds lézardés ; à Alger secousse assez forte. (*Le Moniteur d'Algérie*).

29. — 21 MAI 1889, VERS 4 H. 15 M. : 35°7 N, 0°8 W

Violent séisme à Oran ; ressenti sur l'Isaac-Péire ancré dans le port et à Mers-el-Kébir, Tamzoura, Sidi-Chami et au Tiélat. Quelques maisons lézardées, cheminées renversées, caserne de la douane très éprouvée, réveil général des habitants (VII-VIII) (« *Le Moniteur d'Algérie* », 18).

30. — 30 JUILLET (?) 1890 : (35°7 N, 0°5 E).

D'après un écho paru dans le « *Moniteur d'Algérie* » en date du 1<sup>er</sup> août 1890, un violent séisme, le quatrième de l'année, a été ressenti à Relizane où des maisons ont été lézardées et des plafonds détériorés (VI-VII). (18).

31. — 15 JANVIER 1891, VERS 4 H. : 36°5 N, 1°8 E.

Séisme destructeur à Ouraya où 53 maisons furent abattues et où 36 indigènes furent tués dans les gourbis de la commune mixte (X) ; à Villebourg effondrement du moulin Bardot tuant 2 personnes ; 22 maisons d'habitation entièrement détruites ; dans les douars beaucoup de gourbis détruits. Une crevasse large de 40 cm traverse le village (X). Un mouvement vertical de bas en haut avec impression de soulèvement a été noté. POMÉL (30) mentionne que « la ligne blanche d'algues calcifères qui d'habitude avoisine le niveau de la mer est relevé à plus de 30 cm. »

A Alger 4 secousses entre 4 h. et 6 h. 45 m., quelques dégâts et lézardes, un plafond effondré ; à Blida, quelques maisons effondrées ; à El-Affroun, immeubles lézardés ; à Mouzaïville, effondrement coupant la route.

POMÉL (30) fit faire une enquête macro-sismique détaillée : l'aire macro-sismique s'étendait sur 400 kilomètres de longueur de Mira à Perrégaux, évitant le massif des Beni-Chougron à l'ouest et le Djurdjura à l'est. Vers le sud la secousse fut signalée à Boghar, Boghari, Temiet-el-Haad, Tiarét, Saïda, Ain-el-Hadjar, Ain-Bessem et faiblement à Djelfa et Djelala. Partout, à Ain-Sefra, Oéryville, Laghouat, Ain-Madi, Bou-Saâda, Biskra, Touggourt, Ghardaïa, El-Oued, répondirent négativement à l'enquête. La secousse ne fut pas non plus signalée à Annaba et Bouira. Le rayon de l'aire macro-sismique est d'environ 200 kilomètres.

Le 16 janvier à 2 h. 15 une secousse assez forte s'étendit au Djurdjura et fut ressentie à Ouled-Anizou, Kerrata, Jemmâpès. Il s'agit sans doute d'un foyer tout à fait distinct de celui du 15 janvier.

Les enquêteurs estimèrent que Villebourg ne pourrait pas être reconstruit sur place à cause de la nature du terrain et des fréquents glissements du sol dans le sens perpendiculaire à la mer. Le gouverneur général rendit visite aux villages dévastés et une souscription publique fut ouverte en faveur des sinistrés (18, 30).

30 — POMEL (A.), Les tremblements de terre du 15 et 16 janvier en Algérie, Comptes-Rendus Ac. Sciences, Paris, t. 112, 1891, pp. 643-646.

. — 19 SEPTEMBRE 1894, A 6 H. 40 M. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Forte secousse à Constantine, très vive émotion surtout dans le quartier israélite où presque tout le monde avait quitté les maisons (VI) (*Le Moniteur d'Algérie*, 18).

. — 18 JUILLET 1895, VERS 23 H. : EPICENTRE INCONNU.

Secousse ressentie à Alger dans le quartier de la marine et de la préfecture ; les habitants affolés sortent dans la rue (VI) (« Akhbar », 18).

. — 13 JANVIER 1901 : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Le catalogue de CAVASINO (13) signale à cette date une secousse ressentie avec l'intensité IX (échelle Mercalli) dans les localités de Sidi-Aïch, Yzerad et Beni-Oughlis, c'est-à-dire dans la basse vallée de la Soummam, sur le flanc du Djurdjura. Les observateurs du Service Météorologique d'Algérie n'ont pas mentionné cette secousse et aucun renseignement la concernant n'a pu être trouvé dans les journaux d'Alger.

. — 23 SEPTEMBRE 1903 : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

SIEBERO (14) donne les isoséistes schématiques d'un séisme à cette date : l'épicentre probable se trouvait entre Blida et Affreville.

. — 2 JUIN 1905, A 22 H. 45 M. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Forte secousse à Orléansville et dans la région, ressentie particulièrement à Warnier et aux environs de Ténès ; panique (V-VI), (18, 34).

31. — A. CHRISTENSEN et G. ZIEMENDORFF, les tremblements de terre ressentis pendant l'année 1905, Public. du Bureau central de l'Assoc. internationale de Séismologie, Série B, Catalogues, Strasbourg, 1909, p. 223.

32. — 11 MARS 1908, A 0 H. 06 M. : 36°4 N, 2°8 E.

D'après SIEBERO (32) cette secousse a été ressentie VII-VIII à Blida et fortement à El-Affroun. Il s'agit sans doute d'un séisme du bord nord de l'Atlas mitidjien.

La secousse du 9 juin 1908 à 19 h. 50, inscrite dans un certain nombre d'observatoires (33), est probablement une réplique : Blida, VII ; Alger et environs, V-VI.

32. — A. SIEBERO, catalogue régional des tremblements de terre ressentis pendant l'année 1908, Publication du Bureau central de l'Association internationale de Séismologie, série B, catalogues, Strasbourg 1917, pp. 125-126.

33. — 17 JUIN 1908, A 0 H. 24 M. : (36°5 N, 7°5 E) ; EPICENTRE DOUTEUX.

Séisme ressenti à Guelma VII-VIII ; Bône VI, Montcalm, fort ; une réplique à 03 h. 21 m. est ressentie VII-VIII à Bône et signalée à Guelma et Montcalm, une autre à 04 h. 51 fut notée à Guelma ; enfin le 19 juin à 01 h. 51 m. une secousse est ressentie à La Calle. (32).

L'épicentre que nous indiquons, voisin de Guelma, est douteux ; il n'est pas impossible que le foyer soit en mer au large de Bône.

34. — 4 AOUT 1908, A 02 H. 11 M. : 36°4' N, 6°6' E ; CLASSE D.

SIEBERG (14) donne une carte des isoséistes. La secousse fut très violente aux environs de Constantine : intensité VIII Constantine, plateau de Mansourah, Sidi-Mabrouk, Condé-Smendou, Rouf-fach, Bizot, ferme Théollier ; intensité VI-VII à Mila, El-Arrouch, Ain Smara, Le Kroub, Ouled-Rahmoun ; VI à Philippeville, Collo, Bône, V à Guelma, Souk-Ahras.

Importants dégâts aux casernes, théâtre, hôpital, école normale de Constantine : les dégâts dépassent 400.000 francs ; écroulement d'une ancienne maison d'école à Sidi-Mabrouk ; 5 indigènes tués à Bizot par l'effondrement d'une maison (18).

Cette secousse est à rapprocher de celle du 6 août 1947 qui fut cependant moins forte à Constantine même mais qui causa des dégâts et des victimes au SE de la ville.

La secousse du 4 août 1908 a été inscrite dans de nombreux observatoires (jusqu'à Helwan et Tiflis) et a fait l'objet d'une étude microsismique (33).

33. — SIRTES (S.), Katalog der im Jahre 1908 registrierten seismischen Störungen, Publication du Bureau central de l'Ass. intern. de sismologie, série B, catalogues, Strasbourg 1913.

35. — 24 JUIN 1910, A 13 H. 26 M. 56 S. : 36°10' N, 3°24' E ; CLASSE C.

Très important séisme. D'après une lettre de M. Migot publiée dans le *Bulletin de la Société astronomique de France* (24<sup>e</sup> année, 1910, p. 421) les dégâts furent importants à Masqueray (écroulement d'une maison blessant 4 gardes forestiers ; école et maisons évacuées) et surtout au douar El-Euch, de la commune mixte de Tablat où 12 indigènes furent tués. A Aumale les bâtiments publics furent évacués et les gens campèrent dans les rues. La zone d'ébranlement paraît limitée à l'est vers Sétif, au sud vers Bou-Sâada, à l'ouest vers Orléansville (4).

A Alger, Coléa, Blida, Médéa, Marengo, Cherchell, les dégâts ont été peu importants mais la population a été très effrayée.

Dans la région d'Aumale les secousses continuèrent journellement à partir du 24 juin et avec une « intensité croissante ».

Gutenberg et Richter (22) indiquent pour l'épicentre 36° N, 4° E, Magnitude : 6,4. C'est la secousse algérienne la plus importante inscrite dans les observatoires entre 1904 et 1949. Son foyer appartient à la branche occidentale des Bibans dont l'axe se prolonge vers l'ouest jusqu'à Berrouaghia.

35 bis. — 7 JANVIER 1911, A 1 H. 33 M. : 36°1' N, 3°4' E ; CLASSE E.

Réplique du séisme précédent ; ressentie V-VI à Aumale, Ain-Bessem, Bir-Rabalou ; ressentie largement jusqu'à Tizi-Ouzou, Berrouaghia, Blida, Alger, Cherchell. Inscrite à Alger (P : 01 h. 24 m. 31 s., amplitude max. 105 mm sur la composante E) et dans les stations espagnoles.

Plusieurs répliques en 1911.

— 24 JUILLET 1912, A 18 H. 06 M. : 35°7' N, 0°4' W ; CLASSE E.

Très violent dans la région d'Arzew ; grand nombre de maisons lézardées ; meubles et objets renversés ; plafonds effondrés ; grondement sourd pareil à une explosion. Intensité VII à Arzew, VI à Kléber, V à Renan, III à Oran. (4).

Plusieurs répliques le 24 et 25 juillet. Inscrit à Alger (eP : 18 h. 06 m. 42 s.), faiblement à Paris.

36. — 6 AOUT 1912, A 18 H. 44 M. : 36°6' N, 5°2' E ; CLASSE D.

Ressenti VI à Bougie et Oued-Marsa, (destructeur ?), IV à Tizi-Ouzou. Inscrit à Alger : eP : 18 h. 44 m. 13 s. (D = 160 km).

L'épicentre se trouve probablement dans les Babors, entre Oued-Marsa et Kerrata.

Réplique le même jour, inscrite à Alger à 18 h. 51 m. 43 s.

37. — 8 JANVIER 1913, A 20 H. 38 M. : 35°3' N, 1°1' E ; CLASSE E.

Aire d'ébranlement : Tiaret, Relizane, Saïda avec maximum (VI) vers Prévost-Paradol et Tagdempt

où des murs ont été lézardés (19). Inscrit à Alger : eP 20 h. 38, 3 m. (ampl. 8 microns, D = 250 km).  
SIEBERO (14) donne une carte d'isossistes qui paraît inexacte.

— 26 FÉVRIER 1913, A 3 h. 50 m. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

Oran, Fleurus (Tiélat), Perrégaux, forte secousse V à VII, murs lézardés, quelques bâtiments effondrés (4).

— 18 OCTOBRE 1916, A 3 h. 15 m. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ ; CLASSE E.

Secousse d'intensité VI à Alger, signalée à Cherchell, Meurad, El Affroun, Aneur el Aïn, Aumale, Birbouta, Arba, Hamiz (barrage), Bir Rabalou, Ménerville, Cap Bengut, El Kseur. (18).

Un épïcêtre voisin d'Alger est possible ; cependant le maximum d'amplitude (300 microns) a été noté à l'observatoire d'Alger 1 m. 15 s. après le début de la secousse (P : 03 h. 15 m. 35 s., L 03 h. 15 m. 36 s., M 03 h. 16 m. 50 s., F 3 h. 21 m.).

L'aire macro-séismique s'étend sur plus de 250 kilomètres de Cherchell à Bougie ; un épïcêtre dans l'Atlas mitidjien serait également possible.

— 9 MAI 1922 : EPICENTRE INDÉTERMINÉ.

L'épïcêtre indiqué par l'I.S.S. (34°5'N, 1°5'W) se situe au voisinage de la frontière algéro-marocaine ; aucun renseignement ne permet de le confirmer, les données micro-séismiques sont insuffisantes pour une détermination précise.

38. — 25 AOÛT 1922, A 11 h. 47 m. : 36°17'N, 1°16'E ; (CLASSE D).

Séisme destructeur qui a fait l'objet de plusieurs études (34 ; 35, p. 65-67). L'épïcêtre est voisin de Cavaignac, qui fut entièrement ruiné : le nombre des victimes fut heureusement très réduit (2 morts, quelques blessés) parce que au moment de la secousse la plupart des habitants prenaient leur repas dans leurs jardins. A Talassa la ferme St-Louis fut détruite (2 blessés) ; murs lézardés à Kalloul, à 4 km de Cavaignac sur la route de Ténès. A Chasseriau (Trois-Palmiers) la gendarmerie a subi de grands dommages ; une réplique le 29 août y a détruit une maison cantonnière. D'après A. HÉR l'intensité VIII a été atteinte à Flatters, Hanoteau, Montenotte, Ténès, l'intensité VI à Orléansville et Cherchell ; la secousse a été ressentie faiblement à Relizane et Alger.

A. BRIVES et M. DALLONI (34) ont cherché l'explication du phénomène dans la structure géologique de la région qui a subi la secousse.

« Au sud de Ténès, le bassin miocène est bordé par une grande faille de tassement, grâce à laquelle les marnes carteniennes ont glissé au pied des chaînons gréseux du Cartennien inférieur et du Medjanien ; des pointements triasiques apparaissent en quelques points sur les lèvres de cette fracture. Sa direction est NE-SW entre Ténès et Cavaignac : c'est précisément celle des secousses sismiques enregistrées dans la région depuis 1881 ; à cette époque elles furent assez nombreuses (plusieurs au cours de certains mois), mais jamais très graves et, depuis, cette activité s'était fort atténuée.

Les effets destructeurs du séisme du 25 août ont été particulièrement graves à Cavaignac parce que ce village est bâti sur les marnes carteniennes, dans des conditions topographiques défavorables et au point de rencontre de la faille de décollement dont il vient d'être question avec d'autres fractures qui croisent cet accident. Les dommages ont été beaucoup moins grands à Kalloul et à Montenotte, villages plus éloignés de ce dernier. A Ténès, les deux maisons d'habitation, d'ailleurs de construction ancienne, qui ont subi des dégâts, se trouvent placées presque sur la fracture, jalonnée par des pointements de Trias, qui sépare le Crétacé des marnes miocènes.

Au nord de Cavaignac, quelques fermes ont été endommagées dans la vallée de Tarzout, synclinal de marnes miocènes affaissé entre deux fractures. L'influence locale des dislocations qui accidentent le bord du bassin miocène sur le sens de propagation et l'intensité du mouvement sismique est donc bien évidente.

Il est un peu plus difficile d'expliquer les dégâts causés aux constructions du col de Kirba et de Chasseriau, situées plus au Sud, sur le Miocène moyen et supérieur ; là, le voisinage des gypses sabéliciens a probablement facilité le léger affaissement qui a suivi la secousse.

Les sources du pourtour du bassin miocène ont considérablement augmenté leur débit et à Cavaignac même l'Oued Allala a quintuplé le sien. De nouvelles sources sont apparues après la secousse, preuve que les fractures anciennes ont rejoué.

L'épicentre adopté après étude microsismique ( $36^{\circ}17' N$ ,  $1^{\circ}16' E$ ) est situé à 10 km au SW de Cavaignac.

La secousse a été enregistrée dans de nombreux observatoires (24, 1922, p. 134). L'épicentre indiqué par l'I.S.S. est approximatif :  $36^{\circ}5' N$ ,  $1^{\circ}5' E$ .

GUTENBERG et RICHTER n'ont pas inclus cette secousse dans leur liste générale d'épicentres bien qu'elle ait sans doute une magnitude voisine de la limite inférieure de la classe d.

34. — A. BRIVES et M. DALLON, le tremblement de terre du 25 août 1922 et la structure géologique de la région de Ténès-Cavaignac (Algérie), Comptes-Rendus Ac. Sc., t. 175, 1922, pp. 527-529.

35. — MME A. HÉR, Note sur le tremblement de terre d'Algérie du 25 août 1922, Annuaire Inst. Phys. Olohe Strasbourg, 2<sup>e</sup> partie, Sismologie, 1922, pp. 65-67; étude du séisme algérien du 25 août 1922 d'après les observations microsismiques, Comptes-Rendus Ac. Sciences, Paris, t. 176, pp. 39-41.

38 bis. — 19 NOVEMBRE 1922, A 17 H. 04 M. :  $36^{\circ}3' N$ ,  $1^{\circ}3' E$ ; (CLASSE E).

Il s'agit très probablement d'une réplique du séisme précédent. L'intensité VIII a été notée à Fromentin à 10 km au SW de Cavaignac, et la secousse a été signalée à Cavaignac, Ténès, Orléansville. Une carte isoséiste a été publiée par SIEBERG (14). L'I.S.S. donne comme épicentre  $36^{\circ}5' N$ ,  $1^{\circ}5' E$ ; c'est-à-dire les mêmes coordonnées que celles du séisme du 25 août 1922. (24, 1922, p. 192).

39. — 19 FÉVRIER 1923, A 16 H. 33 M. :  $36^{\circ}1' N$ ,  $3^{\circ}7' E$ ; (CLASSE F).

Des maisons ont été lézardées à Aumale (VI) et la secousse a été ressentie à Bir-Rabalou, Aïn-Bessem, Tablat, Palestro, Ménerville, Haussonvillers, Bouzaréah. (5).

La secousse a été inscrite à Alger (IP 16 33 39; S 16 33 50, D=100 km). L'épicentre se trouve sans doute un peu au sud d'Aumale dans le massif du Djebel Dira.

40. — 15 MARS 1924, A 10 H. 17 M. :  $35^{\circ}5' N$ ,  $5^{\circ}9' E$ ; (CLASSE D).

La secousse a intéressé l'extrémité orientale de l'Atlas saharien et provoqué des dégâts dans la région à l'ouest de Batna : dans la commune de Mac-Mahon, au douar El Ksour, les gourbis se sont effondrés (3 morts, plusieurs blessés); à Mac-Mahon le bordj a dû être évacué; à Victor-Duruy une maison s'est effondrée tuant une fillette; à Batna la mosquée du Village-Nègre a été en partie détruite, l'église et la prison ont été endommagées. La secousse a été violente à Arris et ressentie à El-Kantara, Bernelle, Barika, N° Gaous (5, 1924, p. 95).

Elle a été enregistrée par de nombreux observatoires. La détermination précise de l'épicentre est difficile : nous indiquons, en partie d'après les observations macrosismiques,  $35^{\circ}5' N$ ,  $5^{\circ}9' E$ . Une détermination microsismique nous avait fourni  $35^{\circ}7' N$ ,  $5^{\circ}8' E$ .

D'autres coordonnées ont été indiquées :

Annuaire Strasbourg (5) :  $34^{\circ}5' N$ ,  $7^{\circ} E$ .

I.S.S. (24) :  $35^{\circ}0' N$ ,  $6^{\circ}0' E$ .

Gutenberg et Richter (22) :  $35^{\circ} N$ ,  $6^{\circ} E$ , classe d.

La secousse a été enregistrée jusqu'à Toronto et Victoria.

41. — 19 JUILLET 1924, A 12 H. 48 M. : ( $36^{\circ}5' N$ ,  $5^{\circ} E$ ); (CLASSE E).

Les seuls renseignements macrosismiques recueillis indiquent qu'une maison cantonnière a été lézardée à Tizi N° Béchar; la secousse a été forte à Maillot et signalée à Seddouik, Tizi-Ouzou, Haussonvillers, Bouira, Aïn Bessem (faible), Palestro (léger). « L'épicentre doit être situé dans la région désertique comprise entre les vallées de la Soumman et du Chabet-el-Akra (entre Akbou et Kerata) ». (5, 1924, p. 94).

Les déterminations microsismiques sont imprécises. L'I.S.S. indique  $34^{\circ}0' N$ ,  $4^{\circ}0' E$ , épicentre certainement beaucoup trop méridional.

La secousse a été inscrite à Alger (IP : 12 48 25 ; S : 12 48 42 ; D = 150 km ; amplitude 60 microns).

42. — 5 NOVEMBRE 1924, A 18 H. 54 M. : 36°6 N, 2°9 E ; (CLASSE D).

Ce séisme a été étudié en détail (36 et 3, 1924, p. 95-98) et une carte d'isoséistes a été publiée (fig. 6). L'aire pléistoséiste, à 20 km du SW d'Alger comprend le domaine Saint-Charles (Mahelma), Ben-Chabane, Sainte-Amélie (Douéra). Graves dégâts aux maisons, écroulement des moins résistantes, une victime. Le rayon macroséismique dépassait 100 kms : la secousse fut signalée à Fort-National et à Boghari. Les isoséistes sont allongées dans le sens E-W parallèlement aux lignes structurales.

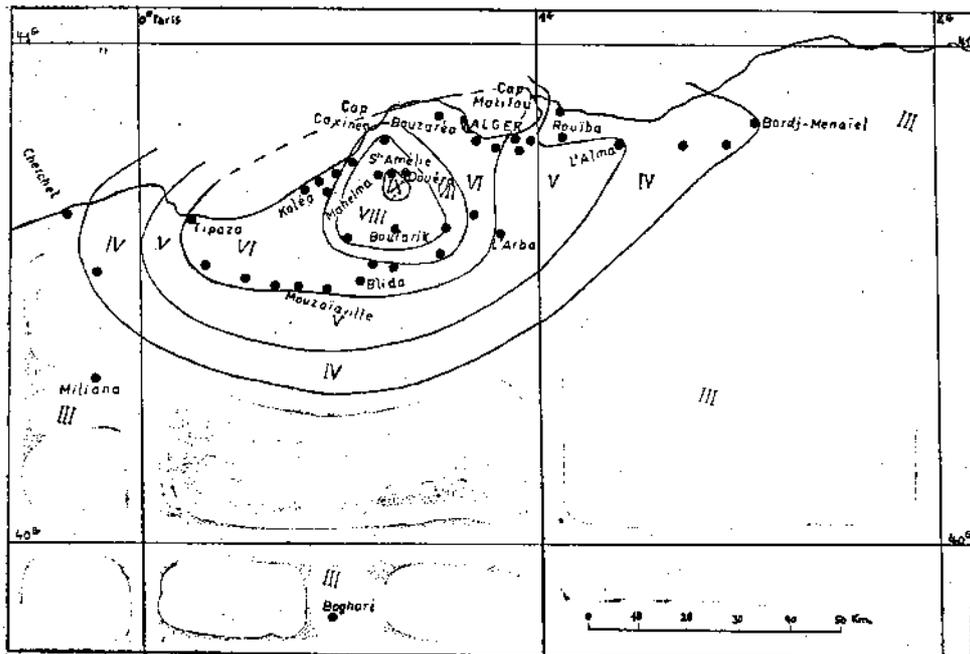


Fig. 6. — Isoséistes de la secousse du 5 novembre 1924 dans le Sahel d'Alger (d'après M<sup>me</sup> Héz)

A Alger-Bouzaréah le mouvement du sol a atteint 600 microns d'après la composante E du séismographe Mainka. Cette secousse principale a été suivie de nombreuses répliques : 98 ont été inscrites jusqu'à la fin de 1924.

La « Nature » a publié un article sur ce séisme (37). De nombreux observatoires ont enregistré cette secousse et la réplique du 6 novembre.

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. (35°3 N, 3°5 E) est manifestement faux : il se situerait dans la région aséismique des Chotts à plus de 150 kms de l'épicentre macroséismique. L'épicentre indiqué par Gutenberg et Richter (22) a pour coordonnées 36° N, 4° E (classe d).

36. — A. Héz (M<sup>me</sup>), Note sur le tremblement de terre du 5 novembre, Annuaire Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, 1924, pp. 95-98.

37. — H. MURAT, les tremblements de terre en Algérie, La Nature (Paris), No. 2650, 17 janvier 1925, p. 33-34 (6 photos et figures).

43. — 10 JUIN 1925, A 16 H. 45 M. : 35°9 N, 2°6 E ; (CLASSE D).

Région de Boghar : Boghar, plafonds tombés, murs lézardés, sources troublées (VI) ; Boghari, quelques cheminées démolies, (VI), Damiette, quelques lézardés ; ressenti à Médéa, Dollfusville, Letourneux, Brazza, Taza.

La secousse a été inscrite à Alger (iPg 16 45 02 ; iSg 16 45 13, D=95 km, amplitude 150 et 250 microns) et dans quelques observatoires. (5).

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. (35°3 N, 3°5 E) est considéré à tort comme une réplique de la secousse du 5 novembre 1924 : les zones macroséismiques sont bien différentes.

44. — 19, 20 et 21 JUIN 1925 : 35°8 N, 0°4 W ; (CLASSE E).

Trois secousses ont été ressenties dans la région d'Oran à 14 h. 44 m. le 19, à 12 h. 33 m. le 20 et à 3 h. 01 m. le 21.

19 juin : Port-aux-Poules (VI), Arzeu, Mangin, Saint-Louis.

20 juin : Saint-Leu, Port-aux-Poules, quelques lézardés (VI) ; Oran, Saint-Louis, Saint-Denis-du-Sig, Mangin IV ; Mostaganem III.

21 juin : Oran, Arzeu, Saint-Leu (VI) ; Saint-Louis, Mangin, El-Ançor, Saint-Denis-du-Sig IV ; Mostaganem III ; sec. ressentie également à Port-aux-Poules, Renan, Arcole, Assi-ben-Okba, Saint-Cloud. (5).

L'épicentre est probablement voisin de Saint-Leu et de Port-aux-Poules et peut-être sous-marin. L'I.S.S. indique pour le 21 juin les coordonnées d'un point en Méditerranée (37°0 N, 0°5 W) à 120 km au Nord de Saint-Leu. Une détermination microséismique approximative a donné 36°1 N, 0°7 W, H=03 h. 00,4.

. — 24 JUIN 1925, A 1 H. 37 M. : EPICENTRE EXACT INCONNU ; (CLASSE E).

La secousse a été signalée à M'Sila (V), Bou-Sâada (V), Medjerdel, Bordj-Bou-Argeridj.

L'I.S.S. indique 35°3 N, 3°5 E : cet épicentre est certainement faux car le séisme est considéré par l'I.S.S. comme une réplique des secousses du 10 juin et du 5 novembre 1924.

. — 2 JUILLET 1925, A 16 H. 38 M. : EPICENTRE EXACT INDÉTERMINÉ ; (CLASSE E).

Fortement ressenti à Aumale (vive émotion), Bir-Rabalou, Beni-Sliman ; faible à Alger. (5).

L'I.S.S. indique 36°5 N, 1°5 E, épicentre beaucoup trop occidental. Les ondes longues ont été inscrites jusqu'à Paris et Strasbourg.

. — 7 MARS 1926, A 21 H. 36 M. : EPICENTRE SOUS-MARIN ? (CLASSE F).

Aire d'ébranlement le long du littoral de Djidjelli à Bône et vers le sud au delà de Constantine ; forte secousse avec grondements à Constantine, Philippeville, Mila, El-Arouch ; Bône, forte secousse dans la ville haute ; Djidjelli, 2 chocs rapprochés. (5).

Nous signalons ici cette secousse parce qu'il semble qu'elle puisse être comparée — quoique beaucoup moins violente — à celle du 21 août 1856 (voir plus haut) dont le foyer était en mer au large de Djidjelli.

La secousse a été inscrite à Alger (Pn 21 36 28, Pg 21 36 36, Sg 21 37 18, D=340 km).

45. — 17 DÉCEMBRE 1926, A 5 H. 41 M. ET 6 H. 23 M. : 36°3 N, 1°8 E (CLASSE F).

Région de Carnot : Rouina, plafonds lézardés ; Saint-Cyprien, tuiles déplacées ; Carnot, population effrayée.

L'épicentre doit se trouver aux environs de Rouina, sur le bord sud du Massif de Miliana.

La secousse a été inscrite à Alger (P 06 h. 23 m. 39 s., D=150 km, M=7 microns).

46. — 2 JUIN 1928, A 8 H. 39 M. : 36°7 N, 2°9 E ; (CLASSE F).

Nous faisons figurer ici ce séisme à caractère local parce qu'il a entraîné quelques dégâts à Staouéli (une maison lézardée) ; ressenti à Douéra, Sidi-Ferruch, Alger, El-Biar, Bouzaréah ; formidable détonation précédant la secousse. (5).

Inscrit à Alger-Bouzareah (iPg. 08 39 23, iSg 08 39 25, D=15 km).

— 5 JUILLET 1928, A 03 H. 39 M. : EPICENTRE INDÉTERMINÉ ; (CLASSE E).

L'I.S.S. indique comme épicentre un point à l'est de Ténès : 36°5 N, 1°5 E, c'est-à-dire le même foyer que ceux des secousses du 25 août 1922, du 19 novembre 1922 et du 2 juillet 1925. Cette même origine est douteuse.

La secousse a été violente à Rouina et ressentie à Cherchell, Orléansville, Oued-Fodda, Duperré. La position de l'épicentre est douteuse. Les données publiées par l'I.S.S. sont insuffisantes pour une détermination microsismique ; il s'agit peut-être d'une réplique du séisme N° 45.

Le séisme a été inscrit à Alger (iP 03 h. 39 m. 39 s., S 03 h. 39 m. 56 s., D = 150 km, M = 15 microns).

47. — 24 AOUT 1928, A 09 H. 44 M. : 35°9 N, 0°6 E ; (CLASSE D).

Séisme destructeur dans la région d'Inkermann où des murs ont été lézardés et où des vieilles maisons se sont effondrées : 4 morts. A Saint-Aimé une vaste construction neuve s'est effondrée ; à Relizane des murs ont été lézardés. La secousse a été fortement ressentie à Duperré, Tiaret, Mascara, Mostaganem et à Boghari à 200 km de l'épicentre. De nombreuses sources sont apparues sur la rive droite du Cheliff. (5).

La secousse a été inscrite dans de nombreux observatoires jusqu'à Georgetown (61°) et Irkoutsk (71°).

48. — 3 DÉCEMBRE 1928, A 5 H. 30 M. : (36°4 N, 7°2 E) ; (CLASSE D).

L'I.S.S. indique pour cette secousse un épicentre situé au Sud de l'Aurès (34°5 N, 7°0 E). En fait les données macrosismiques indiquent que la secousse a été ressentie beaucoup plus au nord dans la région Bône-Guelma : Guelma, forte secousse ; La Callé, Morris, Jemmapes, Edough, El-Arouch, Herbillon, Bugeaud, Nelsonbourg. (5).

L'épicentre vérifié par les données microsismiques est probablement voisin de Guelma.

49. — 11 JANVIER 1929, A 1 H. 52 M. : 35°5 N, 0°2 W (CLASSE E).

Violente secousse à Saint-Denis-du-Sig ; édifices lézardés ; fortement ressentie à l'Ouggaz (lézardés), Saint-Cloud, Rivoli, Mangin, Oran ; signalée à Saïda, Les Trembles, Cap Falcon, Arzew, Mostaganem, Perrégaux, Mascara.

L'I.S.S. indique comme épicentre : 35°5 N, 0°5 W, épocentre assez voisin de l'épicentre macrosismique. Alger : eP 01 52 44, ePg 01 52 53, iSg 01 53 47, D = 410 kms.

50. — 28 MARS 1929, A 20 H. 48 M. : (35° N, 4° E) ; (CLASSE E).

Cette secousse a été ressentie fortement à Bou-Sâada et inscrite à Alger (eP 20 48 44 ; iPg 20 48 47, Sg 20 49 16, D = 230 km) et dans les observatoires espagnols.

L'I.S.S. indique comme coordonnées épicentrales 34°0 N, 4°0 E ; épocentre qui paraît trop méridional ; un épocentre dans les Zibans au sud de Bou-Sâada paraît plus probable (35° N, 4° E). Une détermination plus précise est impossible.

51. — 4 MARS 1931, A 5 H. 36 M. : 36°4 N, 2°7 E ; (CLASSE E).

Au Camp des Chênes, dans la région de Blida, de violentes secousses suivies d'une formidable détonation souterraine ont provoqué des chutes de cheminées, des cisaillements de plafonds (VIII), etc... Fortement senti à Mouzaïaville, Mouzaïa-les-Mines, Blida, Oued-el-Alléug, Tisraouine, Ameur-el-Aïn, Marengo ; la zone macrosismique s'est étendue jusqu'à Rouiba, Arba, Boghari, El-Affroun, Cherchell, Tipaza.

Alger : P 05 h. 36 m. 40 s., S 05 h. 36 m. 47 s., D = 50 km. La secousse a été inscrite à Cartuja.

52. — 15 AOUT 1931, A 13 H. 52 M. : 36°1 N, 3°6 E ; (CLASSE D).

Le foyer se trouvait à Djebel-Dira, un peu au sud d'Aumale où 28 gourbis ont été détruits, quelques bœufs et moutons ont péri. La secousse a été fortement ressentie à Aumale, Ain-Bassam, Tablat, Bouira, Palestro et nettement perçue à l'Alma, Maison-Carrée et Alger.

Alger : iPg 13 52 18, Sg 13 52 29, D=90 km.

La secousse a été inscrite à Tunis et dans les stations espagnoles. L'I.S.S. donne pour épicentre le point 35°3 N, 3°5 E, point situé à 90 km au sud de Djebel-Dira, par conséquent certainement beaucoup trop méridional.

53. — 15 FÉVRIER 1932, A 9 H. 48 M. : 35°9 N, 2°9 E ; (CLASSE F).

Forte secousse qui paraît avoir atteint son intensité maximum à Arthur (quelques lézards aux plafonds, VII) ; ressentie à Boghar, Berrouaghia, Mostaganem, Loverdo, Médéa, Mellakou.

Alger : iPg 09 48 44 ; iSg 09 48 58, D=110 km.

— 5 JUN 1934, A 23 H. 41 M. : (35° N, 7° E ?) ; (CLASSE E).

Pas de renseignements macrosismiques ; inscription dans les stations espagnoles et à Strasbourg.

L'I.S.S. donne : 34°5 N, 7° E, c'est-à-dire un point situé au sud de PAurès. Un épicentre sur le flanc sud de PAurès vers 35° N, 7° E est possible.

Alger : ePn 23 41 06, iPg 23 41 14, Sg 23 42 00, D=368 km.

54. — 7 SEPTEMBRE 1934, A 3 H. 39 M. : 36°15' N, 1°43' E ; CLASSE D.

Séisme destructeur dans les trois localités de Carnot, Saint-Cyprien et les Attafs (IX) situées sur des alluvions récentes. Des glissements de terrain se produisirent dans la montagne au nord

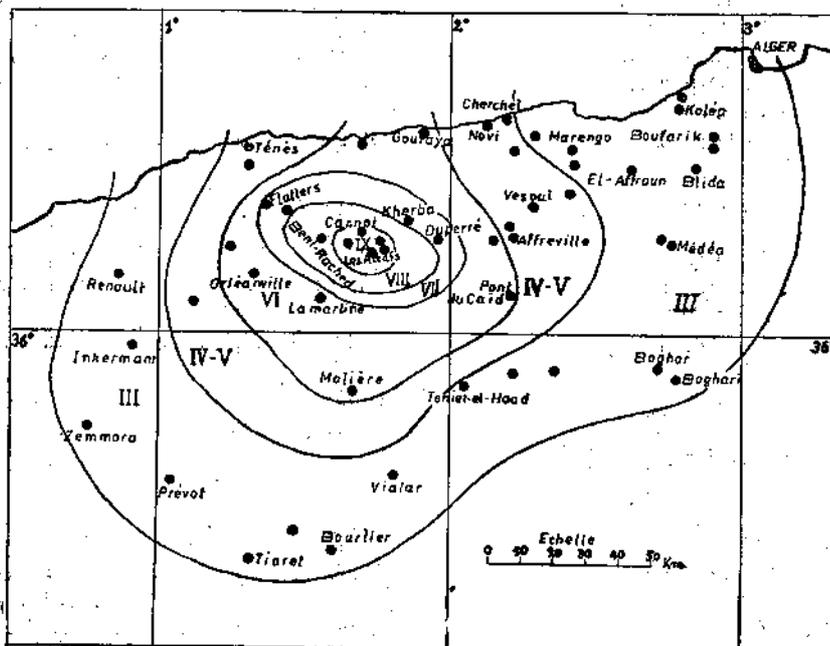


FIG. 7. — Isoseistes de la secousse du 7 septembre 1934  
(d'après M<sup>me</sup> A. Htz)

de Carnot. De nombreuses données macrosismiques ont été recueillies et ont permis de tracer la carte fig. 7, (38). La secousse a été ressentie jusqu'à Alger à 135 km du foyer.

L'épicentre calculé par I.S.S. (36°0 N, 1°1 E) correspond à un point qui est situé à 60 km à l'ouest de la zone pléistocène.

GUTENBERG et RICHTER donnent : 36° N, 2° E, classe d. La secousse a été inscrite jusqu'à Sverdlovsk (44°). 92 répliques ont été ressenties aux Attafs entre le 5 et le 30 septembre.

38. — A. Htz (M<sup>me</sup>), Note sur le tremblement de terre d'Algérie du 7 septembre 1934, Annuaire Institut de Physique du Globe de Strasbourg, 2<sup>e</sup> partie Séismologie, 1934, pp. 124-127.

55. — 7 NOVEMBRE 1934, A 14 H. 34 M. : (37°0 N, 2°0 E) ; (CLASSE E).

Séisme ressenti à Cherchell, Novi, Alger, sur la côte septentrionale ; le foyer se trouve sans doute en Méditerranée au large de Cherchell. Les stations espagnoles ont enregistré la secousse. Strasbourg indique : 36°8 N, 0°7 E, et l'I.S.S. donne 37°0 N, 2°3 E (en mer au large de Cherchell).

Alger : iPg 14 34 17, iSg 14 34 34, D = 136 km.

56. — 19 SEPTEMBRE 1935, A 03 H. 12 M. : 37°5 N, 7°0 E ; (CLASSE D).

Inscrit dans de nombreuses stations européennes, ce séisme dont le foyer est en mer au large d'Herbillon, a été ressenti dans le département de Constantine sur une assez vaste étendue : *Herbillon*, dégâts ; *Morris*, V ; *Bône*, *Cap de Fer* ; *Philippeville*, *Collo*, *Bugeaud*, *El Arrouch*, *Ain el Arab*, *Condé-Smendou*, *Constantine*, *Guelma*, *Barral*, *Gounod*.

Notre détermination microsismique a fourni les coordonnées : 37°5 N, 7°0 E. L'I.S.S. reproduit les données des observatoires mais n'indique pas d'épicentre. La secousse a été inscrite jusqu'à Ksara et Yakta (classe d).

57. — 6 JUILLET 1936, A 06 H. 14 M. : 36°3 N, 2°2 E ; (CLASSE F).

L'épicentre de cette secousse se situe dans le massif du Zaccar au nord de Miliana : des immeubles ont été lézardés à *Miliana*, des plafonds fendus à *Affreville* ; légers dégâts à *Bou-Medja*. La secousse a été ressentie dans un rayon de 80 kilomètres à Bourkika, Meurad, Cherchell, Vesoul-Benian, Margueritte, Duperré, Médéa, Boghari, El Affroun et Alger. (5).

Cinq secousses successives ont été inscrites à Alger (iPg 06 14 50, 06 27 05, 06 32 33, 06 36 07, 07 01 13.8 ; D = 80 kms). La secousse a été faiblement inscrite dans les stations espagnoles.

58. — 28 DÉCEMBRE 1936, A 0 H. 29 M. : (33°8 N, 6°8 E) ; (CLASSE D).

Inscrit dans de nombreuses stations ce séisme a été ressenti à Tozeur et Degache en Tunisie et à El Kantara, Biskra, El Arfiame, Djemaa, Touggourt, El Oued c'est-à-dire dans une zone qui a un rayon d'au moins 150 kilomètres.

L'épicentre microsismique, assez précis, se place dans la région désertique au nord d'El-Oued.

D'autres secousses dans la même région avaient été ressenties le 28 décembre 1935 à Touggourt, El-Arifiame, Djemaa, Sidi-Yahia, Zaouiet-Riat et le 17 janvier 1936, dans la région de Touggourt et V-VI à El-Arifiame. (5, 6).

59. — 10 FÉVRIER 1937, A 18 H. 16 M. : 36°4 N, 7°5 E ; (CLASSE D).

Important séisme destructeur dans la région de Guelma : dans les villages de Lapaine et Bled-Gaffar des maisons se sont écroulées (2 morts, onze blessés). La ferme Dinnach à 6 km de Guelma s'est effondrée. A Gounod dans la région montagneuse au sud de Lapaine des maisons indigènes se sont effondrées ; le débit d'une source a été troublé. A Guelma, nombreuses chutes de cheminées : la mosquée et de nombreux bâtiments furent lézardés. Des dégâts sont également à noter à Héliopolis, Petit, Millesimo, Laverdure, Hamnan-Meskoutine (où les sources thermales ont eu leur débit augmenté).

Les résultats d'une enquête détaillée ont été publiés (39, 1937, pp. 106-110). L'épicentre se trouve sans doute au voisinage de Lapaine mais il est possible qu'il soit en réalité un peu plus au sud dans la région montagneuse limitée par Gounod, Laverdure et Lapaine.

Le rayon de Paire macrosismique a dépassé 100 kilomètres : la secousse a été ressentie à Tabarca (Tunisie), à La Calle, Herbillon, Philippeville, Condé-Smendou. Les limites de Paire macrosismique vers le sud ne sont pas connues. (fig. 8).

De nombreuses stations européennes ont inscrit la secousse. L'I.S.S. contient les données de 35 stations (21, 1937, p. 60). Les ondes S ont été enregistrées à Vladivostock à 9550 kilomètres.

L'épicentre indiqué par l'I.S.S. est celui qui avait été calculé à Strasbourg : 36°6 N, 7°5 E et qui est probablement un peu trop septentrional.

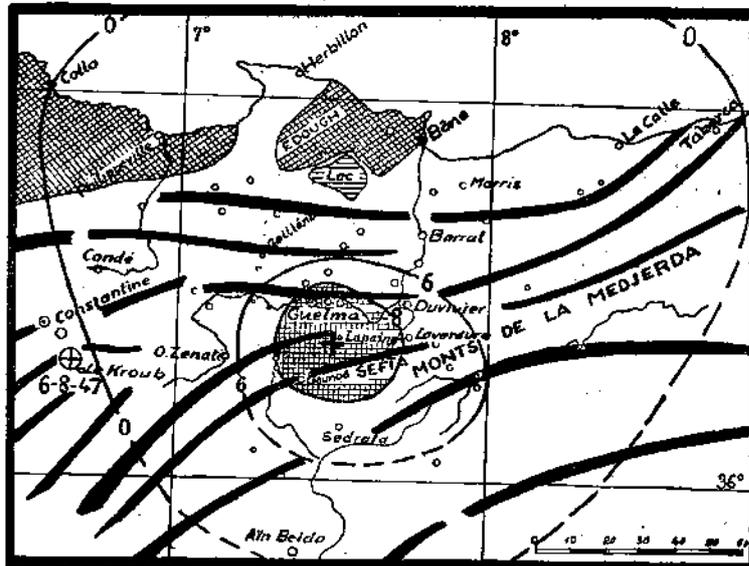


FIG. 8. — Isoseistes de la secousse du 10 février 1937.  
hachures droites : zone pléistossiste ; hachures obliques : massifs anciens (J.-P. Rosté)

Gutenberg n'a pas mentionné ce séisme qui pourtant appartient à la classe d. (iP, IS à Ksara à 2600 km).

39. — MME A. HÉZ, Note sur le tremblement de terre du 10 février 1937 en Algérie, Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Nouvelle série, t. II, 2<sup>e</sup> partie, 1937, pp. 106-110.

60. — 19 JUILLET 1937, A 15 H. 12 M. : 36°4 N, 2°4 E ; (CLASSE F).

Dégâts à Bou-Medfa (chutes de cheminées, lézards) et à Hamman-Righa ; forte secousse à Cherchell, Margueritte, Miliana, Meurad, Tipaza, Vesoul-Benian ; ressenti et inscrit à Alger (Pg 15 12 52, 4, Sg 15 13 (00) D=65 km).

L'épicentre se trouve dans la zone montagneuse séparant la Mitidja de la vallée du Chélif, sur l'axe antichinal du Zaccar, prolongement vers l'ouest de l'Atlas Mitidjien.

61. — 2 MARS 1938, A 7 H. 43 M. : 36°4 N, 2°7 E ; CLASSE E.

Dégâts matériels dans les gorges de La Chiffa. Ressenti VII-VIII au Camp des Chênes (murs lézardés), VII à Médéa (chutes de cheminées) et Lodi (clocher de l'église en partie démolie), VI-VII à Mouzaïa-les-Mines, VI à Ben Chicao ; ressenti sur presque toute l'étendue du département d'Alger. Des « failles » ont été observées dans les gorges de la Chiffa et dans les montagnes environnantes sur la route de Médéa à 2 km au sud du Camp des Chênes.

Nombreuses répliques du 2 au 10 mars 1938. Inscrit à Alger (iPg, 07 43 49.3, Sg 07 43 55.5, D=30 km) et dans quelques stations européennes, faiblement à Strasbourg. L'épicentre calculé a pour coordonnées 36°25' N, 2°45' E. Il s'agit d'un séisme caractéristique de l'Atlas Mitidjien ; le rayon de l'aire macroséismique a atteint 70 km environ.

62. — 1<sup>er</sup> AVRIL 1939, A 08 H. 02 M. : 35°9 N, 0°1 E ; CLASSE F.

Mostaganem, très violente secousse, vaisselle brisée, murs dégradés, VI-VII ; cheminées écroulées, lézards, toitures affaissées (18).

Pendant le mois d'avril on a ressenti à Mostaganem environ 30 secousses.  
La secousse principale a été inscrite à Alger (Pg 08 03 00, iSg 08 03 33.6, D = 270 km).

63. — 18 SEPTEMBRE 1940, A 7 H. 13 M. : (34°7' N, 3°2' E) CLASSE E.

Dégâts matériels à Djelfa, nombreux murs et plafonds lézardés, quelques cheminées écroulées. (Inscrit à Alger Pn 07 13 37.2, Sg 07 14 14.2, D = 260 km).  
Plusieurs répliques ressenties à Djelfa.

64. — 28 AVRIL 1941, A 21 H. 13 M. : 35°6' N, 0°0' E ; CLASSE F.

Murs lézardés à Jean Mermoz (Bou-Henni) ; ressenti à Mascara, Saint-Denis-du-Sig, Relizane, Mangin, Oued-Fergoug, Ferme Blanche. (19).

Inscrit à Alger (ePg 21 13 35 ; eSg 21 14 10, D = 290 km). Réplique le 29 avril à 3 h.

65. — 2 MARS 1942, A 22 H. 23 M. : 36°5' N, 3°2' E ; CLASSE F.

Forte secousse dans l'Atlas Mitidjien : toitures endommagées, tuiles brisées à Haouch-Merdja ; ressenti dans la région de Rovigo.

Inscrit à Alger (iPg 22 23 33.4, iSg 22 23 37.7, D = 34 km). Cette secousse avait été précédée de 4 chocs les 1<sup>er</sup> et 2 mars.

66. — 16 AVRIL 1943, A 11 H. 43 M. : 36°05' N, 4°33' E ; CLASSE D.

Importante secousse bien inscrite dans les observatoires jusqu'à 3000 km au moins. L'épicentre se trouve dans le massif des Bibans où la secousse a causé dégâts et victimes. Les circonstances de la guerre ont empêché d'en faire une étude détaillée mais des renseignements précieux nous ont été fournis sur notre demande par A. Roumieu, directeur d'école à Mansourah et Madame Léoni, institutrice à Medjana.

A Mansourah, les bâtiments européens furent endommagés (cloisons disloquées, lézardés, tour nord de la caserne de gendarmerie décapitée) ; 21 maisons indigènes touchées, 2 muletiers blessés par la chute d'un pan de mur.

A Mansourah-Kebira, 34 maisons endommagées ; école lézardée, chute de cheminées ; Mansourah-Seghira, 10 maisons touchées.

Au Douar M' Zita, importants dégâts : 3 morts, 9 blessés, 150 maisons touchées, 30 maisons en ruines à la fraction Dra-Riha.

La secousse a été particulièrement violente dans la vallée de l'Oued Chebba, le long de la voie ferrée Alger-Constantine, entre les points kilométriques 214 et 216 : maison cantonnière rasée au P. km 214, 700 ; la petite gare toute neuve au P. km 216, 500 eut ses 4 murs disloqués ; 4 ponts aux km 214, 216 et 217, 500 eurent leurs piles fissurées et leurs parapets renversés. C'est dans le groupe de gourbis situés à 100 m. de la gare du km 216 que furent relevés les 3 morts signalés plus haut. La voie ferrée dut être réparée et le trafic interrompu pendant 6 heures. Au village des Ouled-Aicha la source diminua de débit et on signala des sources taries à El-Bour, M' Cil-el-Houd, Gasba, Taourirt, Hach-el-Farroudj, El-Merdja (hameaux du douar M' Zita). A. Roumieu vit s'élever des colonnes de poussière du Djebel Mansourah et s'écrouler des blocs de roches.

Madame Léoni indique que c'est au village Dar-Beida situé sur une crête rocheuse qu'il y eut 3 morts et 1 blessé. La maison forestière d'Arboul a été très endommagée (pans de murs écroulés, grosses lézardes).

A Medjana quelques gourbis se sont écroulés en partie ; à El Achir et à Bordj-Bou-Arreidj il n'y a eu que très peu de dégâts.

M. A. Roumieu nous a envoyé une liste de 42 répliques ressenties à Mansourah entre le 16 avril et le 3 septembre 1943 : la population inquiétée par ces secousses couchait sous des abris de fortune dans les cours. Les secousses du 7 juin 1943 à 10 h. 32 et du 10 juin 1943 à 7 h. 48 m. furent parmi les répliques les plus fortes.

La secousse du 16 avril a été signalée à El-Esnam, Mailot, Bouïra, El-Adjiba, Akbou, Guelaa, Ighil Ali, El Kseur, Tixter, Bir Kasdali, Bordj-Bou-Arreidj, Medjez, Cerez, Ain M'Lila.

L'épicentre a été pris entre Dar Beïta (36°05' N, 4°35' E) et la vallée de l'Oued Chebba (36°05' N, 4°32' E).

L'épicentre approché indiqué par Osterberg et Richter (22) a pour coordonnées 35°5' N, 4° E, classe d.

67. — 12 FÉVRIER 1946, A 02 H. 43 M. : 35°45' N, 4°57' E ; CLASSE D.

Relaté sous de grandes manchettes par les journaux métropolitains, ce séisme a bénéficié d'une publicité peu coutumière : une visite ministérielle, des galas et des ventes de charité ont attiré l'attention du grand public sur un phénomène qui, en réalité, a eu une intensité moins grande que ne pouvaient le faire supposer les premiers récits. Le nombre relativement élevé des victimes (264 morts, 112 blessés), l'ampleur des dégâts (un millier de maisons détruites), s'expliquent par l'heure de la secousse (en pleine nuit) et par la façon primitive et défectueuse dont sont construites

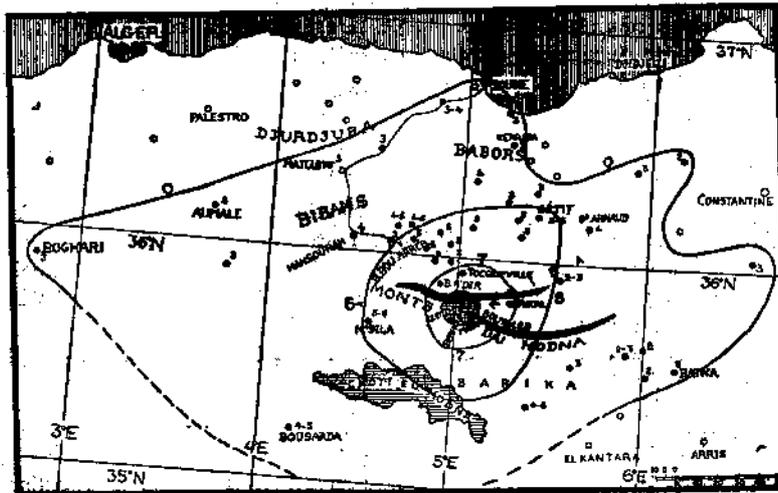


Fig. 9. — Isoséistes de la secousse du 12 février 1946 dans les monts du Hodna (J.-F. Horné)

les raisons. Les habitations indigènes sont en réalité des « gourbis » dont les murs sont formés strictement de moellons superposés, à peine liés par de la terre, et dont les toits sont lourdement chargés de pierres ou d'une épaisse couche de terre reposant sur une armature de perches de bois : les murs cédant, les toits ont écrasé les dormeurs surpris en plein sommeil.

L'aire des dégâts maxima comprend un certain nombre de douars des quatre communes mixtes de M' Sîla, des Maadid, de Barika et des Rhaïa, répartis sur une surface circulaire d'environ 15 km de rayon :

- Commune Mixte des Maadid : Douar Maadid, 8 morts  
Douar Taglaït, 69 morts
- Commune Mixte de Barika : Douar Berhouan, 113 morts  
Douar Magra, 10 morts
- Commune Mixte de M' Sîla : Douar Ouled Addi Guebala, 40 morts et 36 blessés  
dans les douars Ouled Guesmia et Ouled Ouelha  
Douar Outilen, 22 morts.

Toutes ces localités sont situées à l'intérieur et sur le flanc méridional de la région montagneuse comprise au sud des crêtes du Djebel Néchar (1858 m) et du Djebel Agar (1746 m).

Dans les villages voisins de la zone pléistoseïste il y a eu quelques dégâts : *Pascal*, écroulement de plusieurs maisons et chute de cheminées (VII-VIII) ; *Bordj El'Din*, très nombreuses lézardes (VI-VII) ; *Tocquerille*, plafonds fissurés (VI-VII) ;

La surface microséismique était à la forme d'une ellipse dont le grand axe est orienté dans la

sens des plissements telliens (W-E) et qui mesure environ 280 km de longueur sur 200 km de largeur. (fig. 9).

L'épicentre coïncide presque exactement avec le point de rencontre des limites des trois premières des quatre communes mixtes citées plus haut. Ses coordonnées (35°45' N, 4°57' E Greenwich), s'accordent avec celles calculées par le Bureau Central de Séismologie à Strasbourg d'après le dépouillement des enregistrements obtenus en de nombreux observatoires séismologiques européens et jusqu'à Weston, Saint-Louis et Pasadena. Par sa magnitude ce séisme se range au troisième rang des secousses enregistrées en Algérie depuis 1908.

La géologie de surface de la région épicontrale a fait l'objet d'une étude détaillée de J. Savornin. Les monts du Hodna forment le chaînon anticlinal le plus méridional de l'Atlas Tellien. Cette zone dont l'instabilité est manifeste depuis le Crétacé inférieur a été fortement plissée pendant l'époque tertiaire ; le pliocène visible au nord sur le plateau sétifien présente lui-même des ondulations qui montrent que le plissement s'est continué après le paroxysme alpin. Les plis sont dissymétriques avec une tendance au déversement vers le sud ; par endroits il y a même de véritables chevauchements d'ampleur cependant toujours faible. L'épicentre du séisme du 12 février 1946 coïncide donc avec une zone de racines de nappes « avortées ». (40).

40. — J. P. ROTHÉ, Deux récents foyers séismiques alpins, *La Météorologie*, 1946, pp. 219-223.

68. — 9 SEPTEMBRE 1946, A 17 H. 26 M. : 36°4' N, 4°1' E ; CLASSE E.

Dégâts à El-Esnam (murs fissurés, chute de cheminées), VII-VI à Bouira ; V à El-Adjiba ; IV à Maillot, Michelet (Ouaghezen), Fort National, Palestro, Thiers, El-Kseur, Mansourah ; III à Ménerville ; II à Tablat, Champlain, Bir-Rabalou, Alger, Bouzaréah, Bordj-Menaïel.

L'épicentre se trouve probablement sur le flanc sud du Djurdjura, au nord d'El-Esnam. Le rayon de l'aire macroséismique est d'environ 80 kilomètres.

La secousse a été enregistrée à Alger (iPg 17 26 46.9, iSg 17 26 59.3, D = 95 km) où l'aiguille de la composante E a été projetée hors de la feuille.

69. — 6 AOUT 1947, A 09 H. 46 M. : 36°18' N ± 4', 6°40' E ; CLASSE D.

Secousse importante dont l'épicentre se trouve au SE de la ville de Constantine.

A *Oued Hamimine* (commune du Kroub) au voisinage de l'épicentre plusieurs maisons s'effondrèrent ; il y eut 3 morts et plusieurs blessés dans deux fermes de Pagma El-Hekki, face au terrain d'aviation (VIII-IX).

*Ain Smara*, nombreux murs lézardés et quelques chutes de tuiles VII ; *Constantine*, chute de plâtras, de quelques vieilles cheminées, fissures importantes (VI-VII) ; *Rouffach*, quelques fissures et chutes de bouts de plafonds (VI) ; *Condé-Smendou*, chute de cheminées (VI) ; *Guettar-el-Aich* (V-VI) ; *Ain-el-Abid* (V-VI).

Intensité V : Oued-Athménia, Belfort, Bou-Malek, Grarem.

Intensité IV : Ain-el-Arah, Medjez-Amar ; El-Guerrah, El-Arrouch, Rénier.

Intensité III : Oued Seguin, Ain M' lila, Lucet, Mila, Ain-Fakroun, El-Milia, Collo.

Intensité II : Robertville et Philippeville.

La secousse n'a pas été ressentie à Ain-Abessa, Ain-Beida, Ain-Mokra, Ain-Roua, Ain-Tagrouit, Ampère, Arris (c. mixte de l'Aurès), Barika, Barral, Batna, Biskra, Bône, Bordj-Bou-Argeridj, Canrobert, Châteaudun-du-Rhumel (?), Corneille, Duvivier, El-Madher, El Ouricia, Gallieni, Jemnapes, Khenchela, Mac-Mahon, Medjana, Meskiana, Oued-Zenati, Périgotville, Sétif, Saint-Arnaud, Saint-Charles, Souk-Ahras, Strasbourg, Tébessa, Toccoeville, Zéraïa.

L'aire macroséismique est sensiblement circulaire et le rayon en est d'environ 70 kilomètres.

A noter que dans ce séisme également le régime des eaux a été perturbé : l'eau de la piscine Sidi-M' Cid à Constantine est devenue rougeâtre et boueuse ; le débit et la température de la source chaude dans les gorges de Rhumel ont augmenté ; l'eau de la rivière elle-même s'est troublée.

La secousse principale fut suivie de nombreuses répliques. M. Weil, professeur, en a compté une dizaine, 4 entre 10 et 11 heures du matin, 3 l'après-midi et 3 pendant la nuit du 6 au 7. « En outre une infinité de grondements souterrains ont été perçus pendant plus de 24 heures donnant

l'impression d'un travail sourd et quasi continu du sous-sol (avec des périodes de calme parfait variant de 2 ou 3 minutes à une demi-heure environ).» Plusieurs de ces secousses furent ressenties dans les localités voisines (Aïn Smara, Rouffach, le Kroub, Aïn-Abid) en particulier celle du 7 août à 12 h. 27 m. qui fut ressentie presque aussi largement que la secousse principale du 6 août.

La répétition de ces secousses entraîna à Constantine une panique : 10.000 habitants quittèrent leurs demeures campant dans les jardins ou abandonnant la ville. Les journaux mentionnent cependant que la série de secousses fut moins violente que celle de 1908.

70. — 27 OCTOBRE 1947, A 10 H. 31 M. : 37°6 N, 8°5 E ; CLASSE D.

Largement ressenti sur le littoral du département de Constantine, ce séisme est intéressant à signaler parce que son épïcêtre est sous-marin ; il s'apparente ainsi à la grande secousse de 1856 et à la secousse moins importante du 19 septembre 1935.

Les renseignements macroséismiques recueillis ne permettent pas de définir une zone épïcentrale sans doute trop éloignée du rivage : secousse ressentie fortement (V-VI) à La Calle (fissures), Lac Tonga (enfant précipité au sol), Cap de Garde (bruit et grondement venant du nord).

Intensités IV à III à Lamy, Bugeaud, Morris, Bône, Edough, Barral, Cap Rosa, Munier.

La secousse a été ressentie en Tunisie à Tabarca (III-IV) et faiblement à Aïn-Draham et à Djebel Adissa (à 10 km au sud de Aïn-Draham). Réponses négatives à Aïn-Mokra, Behagle, Bou-Malek, Cap Bougaroni, Cap de Fer, Guelma, Herbillon, Medjana.

Les dépouillements microséismiques sont difficiles à interpréter : l'épïcêtre déterminé à Strasbourg a pour coordonnées : 37°6 N, 8°5 E.

71. — 13 MARS 1948, A 8 H. 06 M. : 32°9 N, 0°1 E ; CLASSE D.

L'épïcêtre de cette importante secousse se trouve dans les Monts des Ksours, dans une région très peu peuplée et les renseignements macroséismiques sont rares.

Monsieur Egly directeur d'école à Aïn Sefra nous a communiqué les renseignements suivants :

*Aïn-Ouarka* (50 km à l'est d'Aïn Sefra) : 2 très fortes secousses, chute de rochers, l'eau de la source thermale (eau à 42°) est troublée, des bouillonnements sont observés sur le lac.

*Asta* (60 km au NE d'Aïn Sefra), 4 maisons écroulées, minaret de la mosquée et de nombreux plafonds lézardés, les habitants s'enfuient des maisons, un enfant tué. A noter que les murs sont seulement en argile séchée.

*Bousemghoum* (32°50' N, 0°02 E) : dégâts, deux maisons effondrées, eau des sources troublée. La secousse a été ressentie à *Tazina*, *Tiout*, *Chellala Gueblia* et *Chellala Dahranta* où le séisme a produit une telle augmentation dans le débit des sources qu'elles suffisent maintenant largement à l'irrigation des jardins et des champs.

Ressentie légèrement à *El Abiod-sid-Chelk* et aux *Arba-Ouats*.

A *Aïn Sefra* la secousse a été très faible ; elle n'a pas été ressentie à *Mecheria*. Le rayon de l'aire macroséismique ne paraît pas avoir dépassé 60 à 70 km. L'épïcêtre calculé d'après les enregistrements dans de nombreuses stations européennes a pour coordonnées : 32°9 N, 0°1 E.

72. — 17 FÉVRIER 1949, A 21 H. 01 M. : 36°30' N, 5°15' E ; CLASSE D.

Ce séisme destructeur dans les Babors a fait l'objet de la 1<sup>re</sup> partie du présent mémoire.

### Magnitude des séismes algériens (1)

Pour rechercher quelles sont les régions d'Algérie où les secousses sont les plus violentes on peut essayer de classer ces séismes d'après leur magnitude calculée à partir des inscriptions microséismiques. Ce classement n'est évidemment possible que pour les séismes postérieurs à 1907.

(1) Voir plus haut, page 14, la définition de la magnitude.

J'ai pris pour base la magnitude ( $M = 6,4$ ) déterminée par GUTENBERG et RICHTER (22) pour le séisme du 24 juin 1910, inscrit avec les amplitudes suivantes :

- Paris, 200 microns.
- Strasbourg, 420 microns.
- De Bilt, 550 microns.
- Uccle, 160 microns.

Le séisme du 5 novembre 1924 qui figure au bas de la liste, appartient d'après GUTENBERG à la partie inférieure de la classe d ; il a été inscrit à Paris et De Bilt avec une amplitude de 3 microns, c'est-à-dire avec une amplitude au moins 60 fois moindre que le séisme du 24 juin 1910. Sa magnitude  $M_1$  serait donc :  $M_1 = M_0 - \log \frac{a_0}{a_1}$  (1) avec  $M_0 = 6,4$  ;  $\frac{a_0}{a_1} = 60$ .

D'où  $M_1 = 4,7$ . Ce chiffre paraît un peu faible, la limite inférieure de la classe d correspondant à une magnitude de 5,3. Nous avons admis  $M_1 = 4,9$ .

Dans ces conditions le classement — qui a surtout une valeur relative — s'établit ainsi :

DATE	EPICENTRE	Magnitude
24 juin 1910	Bibans (Masqueray)	6,4
16 mars 1924	Aurès (Batna)	5,6
12 février 1946	Hodna	5,6
24 août 1928	Basse Vallée du Chélif (Inkermann)	5,4
10 février 1937	Guelma, Lapaine	5,4
6 août 1947	Constantinois	5,3
6 août 1912	Babors (Oued Marsa ?)	5,3
4 août 1908	Constantinois	5,1
25 août 1922	Dahra (Cavaignac)	5,1
19 septembre 1935	Méditerranée	5,1
16 avril 1943	Bibans (Mansourah)	5,0
3 décembre 1928	Guelma	5,0
25 février 1920	(en Tunisie)	5,0
7 septembre 1934	Massif de Miliana	5,0
5 novembre 1924	Sahel d'Alger (Douéra)	4,9
13 mars 1948	Mont des Ksours	4,9
17 février 1949	Babors (Kerrata)	4,9
10 juin 1925	Titteri (Boghar)	4,9
15 août 1931	Djebel-Dira (Aumale)	4,9
23 décembre 1936	Sahara (Touggourt)	4,9

Parmi les secousses antérieures à 1908 il est probable que les grands séismes d'Oran (n° 1), de Blida (n° 3), de Djidjelli (n° 10), de Mouzaïville (n° 14), de Biskra (n° 17) et de Gouraya-Villebourg (n° 31) ont dû avoir une magnitude supérieure à 5,5.

### Carte sismique de l'Algérie et interprétation

Les 72 épicentres que nous avons déterminés ont été reportés sur une carte structurale schématique de l'Algérie (fig. 11, planche hors-texte). Cette carte appelle un certain nombre de commentaires.

On sait que l'Atlas tellien constitue en Algérie l'un des éléments de la zone sismique qui coïncide avec l'axe du plissement alpin. Cette zone est jalonnée par les Alpes occidentales — où nous avons pu différencier 2 arcs sismiques étroits — les Apennins, la Sicile et se poursuit vers l'ouest par le Rif et la Cordillère bétique en Espagne, enveloppant par le sud tout

le bassin de la Méditerranée occidentale (fig. 10). Cette zone sismique se prolonge jusqu'aux Açores où elle rejoint celle qui suit la crête médiane de l'Atlantique.

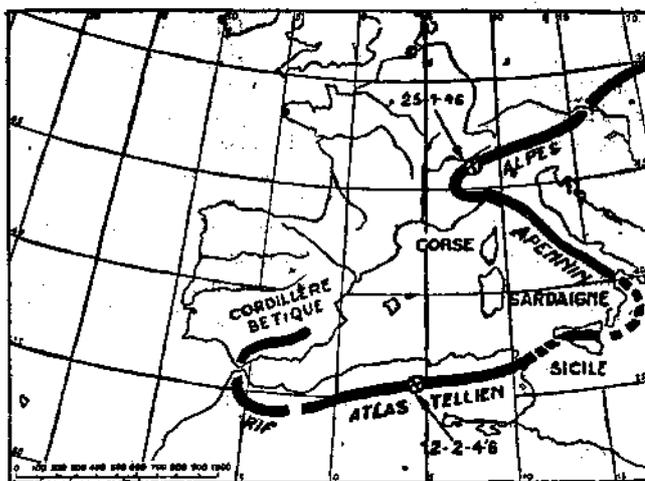


FIG. 10. — Axe du plissement alpin

Lorsqu'on examine un schéma structural de l'Algérie, par exemple celui publié par le Professeur DALLONI (*Géologie appliquée de l'Algérie*, 1939), on est frappé par la complexité des plissements qui parcourent ce territoire mais on peut cependant chercher à classer ces plis en fonction de leur activité sismique.

Les géologues divisent l'Algérie en 6 grandes zones tectoniques :

#### 1° Les massifs paléozoïques (Sahel d'Alger, Grande Kabylie, Kabylie de Collo, Edough)

Ces massifs sont représentés sur notre carte par des zones hachurées. Formés de terrains métamorphiques, plissés à l'époque calédonienne puis à l'époque hercynienne, ils ont vu leur relief rajeuni par les poussées tertiaires et quaternaires.

Au point de vue sismique les massifs sont actuellement stables : aucun épicoentre ne s'y observe sauf en bordure du Sahel d'Alger (N° 5, 42, 46) où il est d'ailleurs possible que ces foyers soient liés à un pli masqué sous le bord nord de la Mitidja et appartenant par conséquent à la zone suivante. La sismicité de la ville d'Alger a été surestimée : les cartes de sismicité présentées par plusieurs auteurs semblent donner à Alger la première place (voir par exemple les cartes de MONTRESSUS DE BALLORE (13) ou de CAVASINO (10). Cette fausse impression provient de l'erreur faite souvent dans la localisation d'un foyer sismique d'après un simple renseignement signalant seulement une secousse, sans autre précision.

Il est cependant indiscutable que certaines secousses peuvent être violemment ressenties à Alger qu'elles soient originaires de la bordure méridionale du Sahel ou de l'Atlas Mitidjien. MONTRESSUS DE BALLORE a d'ailleurs noté d'après GHESNEAU que c'est à Alger que furent prises pour la première fois des mesures de constructions antisismiques : c'est en effet après le séisme du 16 février 1716 que le dey d'Alger ordonna de faire dépasser notablement les parements extérieurs des murs de façades par les poutrelles des planchers et prescrivit de reconstruire les habitations de telle sorte qu'elles s'appuient les unes sur les autres (8).

De même le massif de Collo — et Djidjelli, en bordure ouest de ce massif — peuvent être ébranlés fortement par des secousses ayant leur foyer en mer au nord du massif ancien. Je n'ai cependant déterminé aucun foyer à l'intérieur même du massif.

#### 2° Les chaînes littorales

C'est la principale région sismique d'Algérie par le nombre et la fréquence des secousses. Cette zone se caractérise par des faisceaux de plis orientés est-ouest (plis miocènes) où les tectoniques orogéniques ont principalement joué pendant les phases pyrénéennes et alpine et se conti-

ment aujourd'hui ; une activité volcanique récente est à mettre en parallèle avec cette activité orogénique et séismique. On peut décomposer ces chaînes littorales en un certain nombre de faisceaux constituant de vastes « anticlinoria » : la chaîne numidique, les Babors, le Djurdjura, l'Atlas Mitidjien, le massif de Miliana, le Dahra, le Sahel d'Oran et les Traras.

A l'examen de notre carte séismique et en accord avec le schéma structural de M. DALLONI on doit rattacher à cette zone la région séismique du Tessala (dont l'axe anticlinal se prolonge dans le Dahra), les plis de Beni Chougrane (Mascara), de la vallée du Chélif et le Zaccar.

A cette zone appartiennent les épicentres voisins de St-Denis-du-Sig (Tessala), de Mascara-Kalaa (Beni-Chougrane), d'Inkermann (plis de la basse vallée du Chélif), les séismes de la région d'Oran-Mostaganem (Sahel d'Oran), Cavaignac et Ténès (Dahra), de Cherchell-Miliana (Atlas de Miliana et Zaccar), les nombreuses secousses de l'Atlas Mitidjien (1825, 1867, 1869, 1888, 1931, 1938), les séismes des Babors et en particulier de la région de Kerrata.

L'histoire géologique de ces chaînes littorales est longue et complexe. Dans leur note sur le séisme du 15 août 1922, A. BRIVES et M. DALLONI (34) ont décrit la structure de la chaîne du Dahra :

« L'ossature du Dahra est formée par les terrains crétacés et nummulitiques, plissés à la fin de la période éocène ; plus tard, cette chaîne se morcela et des effondrements amenèrent la transgression du 1<sup>er</sup> étage méditerranéen dont le type (Cartennien) a été pris à Ténès, en raison de la puissance et de l'extension remarquables qu'y présentent ses dépôts. La région fut ensuite émergée, intensément plissée et disloquée. Le Miocène moyen a correspondu à un autre cycle sédimentaire et s'est terminé par une régression qui atteignit son maximum à la fin de la période (Sahélien). Un nouvel affaissement détermina l'arrivée de la mer pliocène dans le synclinal tellien, lequel, après son comblement définitif, se subdivisa en plusieurs dépressions alignées de l'Est à l'Ouest, celles de la Mitidja, du Chélif, de l'Habra, etc., qui toutes sont des bassins d'effondrement, encadrés par des fractures que jalonnent souvent des roches éruptives. C'est à ce moment que la zone axiale de la chaîne littorale disparut sous les eaux de la Méditerranée. Pendant le Quaternaire, la côte barbaresque se souleva par saccades. En somme, on retrouve partout la trace de dislocations très récentes.

« Le bassin d'effondrement de Ténès et Montenotte est une dépendance de celui de Chélif. Les contacts du Miocène et de son substratum sont extrêmement compliqués et constamment anormaux. Les plis de la zone ancienne sont déversés au sud et chevauchent fréquemment les couches néogènes : localement, des lambeaux de Crétacé et de flysch éocène (Medjanien), limités par des cassures, sont violemment refoulés sur ces dernières. »

MONTESUS DE BALLORE a déjà attiré l'attention sur l'instabilité du flanc septentrional de l'Atlas Mitidjien et l'a expliquée par l'existence du pli renversé et étiré du massif de Blida ; il note d'après CHESNEAU que la « très mauvaise situation des centres habités sur des terrains sans consistance et en discordance par rapport à ceux du massif aggrave singulièrement le danger des secousses tandis que le centre de la Mitidja résiste ordinairement beaucoup mieux sur ses profondes couches alluvionnaires formant coussin en quelque sorte ».

En fait la Mitidja est axée sur un vaste synclinal et il est normal qu'elle soit peu séismique.

Cependant la carte publiée par MONTESUS DE BALLORE laisserait croire que les foyers séismiques les plus importants sont les ports algériens : Oran, Ténès, Cherchell, Alger, Bougie, Djidjelli, Philippeville. « Il faut voir l'origine de cette instabilité, écrivait Montesus, dans le découpage des côtes algériennes en lobes demi-circulaires comme taillés à l'emporte-pièce qui représentent des affaissements peut-être subséquents secondaires et en relation avec le mouvement d'effondrement et de surrection de part et d'autre de l'isobathe de 2500 m. ». Je crois cette opinion erronée ; cette erreur est due au fait que les localités citées — villes importantes — où effectivement de nombreuses secousses ont été ressenties et signalées ne sont pas forcément à proximité immédiate des épicentres réels. J'ai déjà discuté plus haut la séismicité d'Alger, de Djidjelli et de Philippeville situés sur des massifs anciens. Celle d'Oran, de Ténès, de Cherchell et de Bougie est par contre due à la position de ces villes au voisinage des axes anticlinaux des chaînes littorales.

On remarquera que les séismes des Babors, plus fréquents que les séismes de la chaîne numidique et du Djurdjura, se trouvent en face d'un ensellement plus marqué des massifs anciens : région de Bougie entre la Kabylie et le Massif de Collo. J'avais signalé un fait du même genre dans

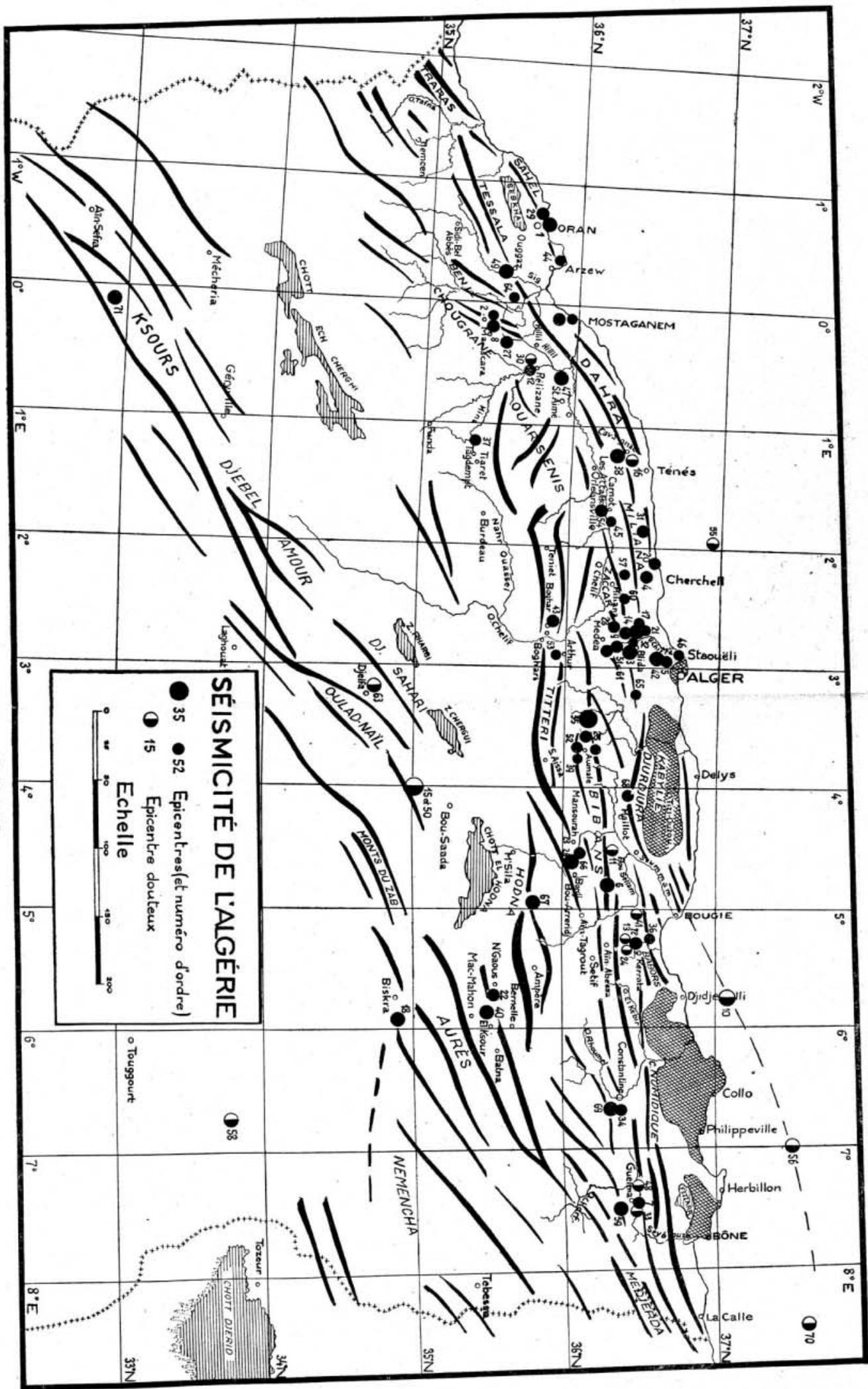


FIG. 11. — Carte sismique de l'Algérie

La sismicité des Alpes occidentales : les nombreux foyers séismiques du Queyras se placent face à l'ensemblement qui sépare le Pelvoux du Mercantour et ceux du Valais sont de même plus nombreux entre le Massif Mont-Blanc—Aiguilles-Rouges et le Massif de l'Aar.

A l'est le Djurdjura se poursuit par les plis classiques de la région de Bougie et cet axe de plissement doit se prolonger en mer au nord du Massif de Collo. Plusieurs épicentres marins — qu'on peut seulement déterminer approximativement d'après les données microséismiques — paraissent l'indiquer. L'activité séismique au voisinage de l'île de Galité signalée par E. RECLUS (*Nouvelle géographie universelle*, t. XI, p. 148), activité contestée par MONTESSUS DE BALLORE, serait à rattacher à cet axe.

Nous sommes ainsi amenés à penser que les massifs kabyles et l'Edough sont limités vers le nord par une zone séismique active sous-marine liée sans doute à un axe de plis submergés. L'existence d'un continent primaire effondré sous la Méditerranée et dont ces massifs algériens, la Corse et la Sardaigne seraient les témoins est très hypothétique et très peu probable.

MONTESSUS DE BALLORE (10, p. 335) a d'ailleurs noté la différence considérable qui existe entre la sismicité importante de la zone littorale de l'Afrique du Nord et la stabilité presque complète du point de vue séismique des deux grandes îles méditerranéennes.

### 3° Les montagnes du Tell intérieur

Cette zone comprend le Tell Constantinois, les Bibans, le Titteri et l'Ouarsenis. On peut y rattacher les plis qui forment les monts du Hodna. Dans l'ensemble les accidents orogéniques y sont de plus faible amplitude que dans les chaînes littorales et l'âge des plissements y est plus ancien : mouvements pyrénéens repris en partie dans le mouvement alpin.

La sismicité est très faible dans le massif de l'Ouarsenis où nous n'avons pas décelé de foyers séismiques caractérisés. Plus à l'est au contraire le vaste axe anticlinal qui s'étend de Berrouaghia au Guergour et qui forme les Bibans est jalonné par les importants foyers séismiques de Masqueray et d'Aumale, de Mansoura et de Medjana ; plus à l'est encore les foyers séismiques du Constantinois et des environs de Guelma, comme aussi les foyers du Hodna (auxquels se rapportent sans doute les nombreuses secousses ressenties — loin des foyers — à M' Sila) appartiennent à cette zone. Il semble que les petits séismes y soient dans l'ensemble moins fréquents que dans la zone des chaînes littorales mais par contre les grandes secousses y sont plus violentes ainsi qu'en témoigne le classement par magnitude pour la période 1908-1949, classement qu'on a lu plus haut.

Cette zone se prolonge en Tunisie par les Monts de la Medjerda et la Kroumirie (foyer du séisme du 25 février 1920, à 17 h. 56 m., aux environs de Souk-el-Arba : 36°5 N, 8°7 E).

4° Les hauts plateaux à architecture tabulaire sont tout à fait aséismiques. C'est par erreur que plusieurs des épicentres reportés dans l'I.S.S. sont localisés dans cette région. MONTESSUS DE BALLORE avait déjà reconnu la stabilité de l'espace intermédiaire entre les deux Atlas, tellien et saharien : région des Chotts, des hauts plateaux (« région de Palfa »). Cette suite de hautes plaines est très anciennement plissée, le Jurassique et le Crétacé n'y sont affectés que de larges rides sans grandes dislocations.

5° L'Atlas saharien (Aurès, Mont des Ouled-Nail, Djebel-Amour, Monts des Ksour) est formé d'une série de plis d'âge pyrénéen qui ont conservé depuis Paléogène leurs formes structurales primitives. L'activité y est plus réduite, localisée en un certain nombre de foyers dans les Monts des Ksour, dans les Zibans, à Biskra et dans l'Aurès. Certains de ces séismes (Biskra 1869, Batna 1924) peuvent atteindre une grande énergie.

Les plissements ultimes qui ont donné naissance aux dislocations de l'Aurès datent de la phase alpine d'où une sismicité plus grande que dans les autres plis de l'Atlas saharien.

### 6° Le Sahara

Le foyer séismique voisin de Biskra (n° 18) paraît au professeur DALLON en « relation avec le bassin miocène de Biskra-el-Outaia qui correspond à une zone d'effondrement dans le massif aurassien. La surrection du Trias (montagne de sel d'El Outaia), a pu être accentuée par ce phénomène ».

Les renseignements macroséismiques en provenance de cette région désertique sont natu-

ralement rares. Cependant nous avons revisé les épicentres de deux secousses enregistrées dans les observatoires et qui se placent dans le territoire de Touggourt: 5 juin 1934, 28 décembre 1936. Cette dernière secousse (classe d) a été ressentie violemment dans plusieurs oasis: Biskra, Touggourt, El Arflane, Djemaa, Sidi-Yayia, Zaouiet-Riab. Réplique le 17 janvier 1936.

L'interprétation de cette zone sismique est difficile en l'absence de renseignements géologiques précis. On peut penser qu'elle est liée à un faisceau de plis ennoyés, faisceau visible plus à l'est dans le Sud Tunisien au nord de Tozeur. Il serait par conséquent intéressant au point de vue pétrolier en particulier, de pouvoir, par prospection sismique par exemple, reconnaître entre EL-Oued et les Monts des Nemencha l'existence en profondeur de ces plis.

### Conclusions

D'une manière générale on peut dire que les épicentres des séismes algériens jalonnent les principaux axes anticlinaux et que les séismes sont d'autant plus fréquents que les plissements sont plus récents.

Comme dans les Alpes, les séismes marquent la continuité de l'effort orogénique, apparaissant tantôt sur un point, tantôt sur l'autre de la zone active: cette migration des épicentres est rendue apparente à notre échelle chronologique humaine, en fait du point de vue géologique les secousses se produisant presque simultanément aux divers points de l'Atlas tellien.

Nombre de secousses importantes s'accompagnent de longues séries de répliques mais la secousse principale n'est pas toujours la première de la série: l'exemple des séismes de Kerrata est caractéristique.

Les séismes algériens peuvent atteindre une magnitude assez grande (au moins 6,4) et par conséquent entraîner des dégâts catastrophiques aux environs de leur foyer. Ces foyers eux-mêmes se trouvent en général dans des régions montagneuses très peu peuplées: les habitations les plus immédiatement en péril sont souvent des groupes de gourbis appartenant à des douars isolés dans les montagnes et la mauvaise construction de ces maisons risque alors d'entraîner de lourdes pertes humaines (par exemple au Hodna en 1946). Dans les chaînes littorales cependant des localités comme Oran, Ténès, Cavaignac, Mascara, Miliana, ou comme Constantine, Guelma, dans le Tell intérieur, se trouvent au voisinage ou sur des axes anticlinaux actifs et par conséquent leur situation risque d'être dangereuse.

Lorsque les secousses sont très violentes non seulement les localités situées au voisinage même du foyer mais encore les villes ou villages construits sur les flancs ou en bordure des zones anticlinales sont également menacés. A cette catégorie appartiennent les lieux de peuplement du flanc nord de l'Atlas Mitidjien (Blida, Mouzaïaville, etc...), du flanc sud des Dahra, des flancs des Bibans, du Hodna, etc...

CHESNEAU avait déjà noté que les localités les plus éprouvées lors du séisme du 2 janvier 1867 reposaient à la jonction du Cartennien avec le granit des escarpements du massif des Beni-Sallah. « La situation de Ténès, Cherchell, Miliana à la limite des dépôts tertiaires et d'alluvions ainsi que Sétif et Bordj-Bou-Arreidj, au bord des bassins pliocènes ou miocènes supportent la conséquence de situations tout aussi périlleuses. » On a vu plus haut (séisme du 25 août 1922, n° 38) que la position de Cavaignac sur des marais carteniennes au voisinage d'une faille de décollement était également critique.

Heureusement dans ces diverses localités l'intensité des secousses est déjà beaucoup moindre que si elles étaient situées au voisinage même des véritables foyers. Comme l'ont écrit MM. BRIVES et DALLON « les secousses sismiques n'ont pu compromettre l'essor de la colonisation ».

Il convient cependant qu'administrateurs et architectes aient l'attention attirée sur la sismicité de l'Algérie afin de pouvoir dans les nouvelles constructions prendre toutes dispositions utiles. Tous les trente ou quarante ans un séisme d'une magnitude supérieure à 6 peut se produire en un point quelconque des chaînes actives et entraîner des dégâts importants.

Il est souhaitable que de nouvelles stations sismologiques puissent être installées, en Oranie et dans la région de Constantine en particulier, afin de permettre une détermination plus précise des foyers et une étude plus complète de l'énergie mise en jeu par les séismes dans les différentes régions de l'Algérie.

# CATALOGUE DES SÉISMES ALGÉRIENS

de 1850 à 1911

par M<sup>me</sup> A. HÉE.

Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Strasbourg

## I. — Introduction

Le catalogue des séismes algériens de 1850 à 1911 n'a pu être publié, faute de place, à la suite d'un article paru dans les *Annales de Physique du Globe de la France d'Outremer* (1). Or par suite de la disparition de papiers appartenant à M. Gonnessiat, ancien directeur de l'Observatoire d'Alger-Bouzaréah, ce catalogue, que j'ai pu conserver malgré l'évacuation de Strasbourg pendant la dernière guerre, devient un document précieux. Il assure, en effet, la continuité dans le temps des observations sur la sismicité de l'Algérie, en particulier pour les années 1871 à 1881.

La liste des séismes avait été dressée en utilisant la division du territoire algérien par quadrilatères sphériques, comme je l'ai le plus souvent fait dans mes divers articles sur cette question. Cette méthode avait été préconisée par les séismologues japonais pour les études de fréquence. La présentation actuelle en a été modifiée sur les indications de M. J. Rothé afin de réduire les frais d'impression.

Je rappelle les sources de la documentation :

1) Les catalogues d'A. Perrey dont la liste figure dans une notice bibliographique rédigée par MM. Rothé et Oudin, *Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles Lettres de l'Académie de Dijon*, juillet 1924, pp. 169-256.

2) Un article de M. Chesneau, *Note sur les tremblements de terre en Algérie*, *Annales des Mines*, 9<sup>e</sup> série, tome I, 1892, pp. 5-46 et 2 planches.

3) Les listes de séismes établies par F. Gonnessiat pour la période 1871 à 1881 : ces listes furent dressées grâce à des extraits de journaux, notamment le bulletin météorologique de Bullard dans « l'Albar » et dans le « *Moniteur d'Algérie* ».

4) Le Bulletin du Service Météorologique d'Algérie, 1889 à 1908.

5) Le Bulletin sismologique (mensuel) du bureau central météorologique, de France, Paris, 1909-1910 (série catalogues).

6) Les publications du Bureau Central de l'Association Internationale de Séismologie 1904-1908.

Les dix-neuf quadrilatères sphériques considérés s'étendent entre 4° W et 7° E longitude de Paris, 35° et 37° de latitude N. Ils correspondent aux surfaces comprises entre les méridiens distants d'un degré et les parallèles dont la latitude diffère également d'un degré. Dans ces conditions, vers l'Est et vers l'Ouest, il reste une petite portion de territoire algérien que j'ai fait entrer dans les quadrilatères voisins. Pour toute la partie méridionale de l'Algérie, peu sismique jusqu'à présent, je n'ai pas voulu considérer des quadrilatères spéciaux. Les rares centres sismiques ont été cités dans les quadrilatères correspondant en longitude et de latitude comprise entre 35° et 36°. Par exemple : Géryville figure dans le quadrilatère N° 12.

Pour permettre une lecture plus facile sur une carte établie à partir du méridien de Greenwich, les coordonnées correspondantes ont été indiquées pour chaque quadrilatère en tête du paragraphe correspondant.

(1) M<sup>me</sup> A. HÉE : Note sur la fréquence des tremblements de terre ressentis en Algérie N° 13, février 1906, pp. 23-26

**Abréviations :**

Q. 5 : quadrilatère 5 ; sec. : secousse ; h : heure ; m : minute.

Les dates des secousses ressenties dans une même ville sont séparées par le signe ; (point-virgule) sans que le nom de la ville soit répété. Dans chaque paragraphe seuls les noms des villes situées dans le quadrilatère correspondant sont en italique.

**II. — Catalogue**

**QUADRILATÈRE 2**

(36° à 37° N ; 0°20' à 1°20' E Gr.)

*Orléansville* : 23 novembre 1853, sec. ressentie à Miliana (Q. 3), Alger (Q. 4). — *Ténès* : 9 janvier 1854, fortes sec., (1 h 12 m et 5 h 10 m) ; 8 janvier 1857 (11 h 25 m) ; 23 mai 1857 (9 h) ; 4 janvier 1859, (11 h 30 m) ; 19 mars 1862, sec. très forte, (0 h 57) ; 7 septembre 1862, sec. légère, (21 h 45 m) ; 27 janvier 1864, (2 h 30 m) ; 16 juin 1864, (sans heure). — *Orléansville* : 2 janvier 1867, destructeur à Mouzaïaville, (Q. 4), (7 h 13 m 56 s). — *Ténès* : 17 août 1868 (8 h 30 m et 10 h) ; 17 août 1868, sec. ressentie fortement dans la vallée du Chélif, (17 h) ; 18 août 1868, sec. légère, (0 h) ; 18 août 1868, lézardées à l'hôpital et dans quelques maisons particulières, (11 h) ; 1 mai 1871, (8 h) ; 3 octobre 1871, forte sec., (17 h 30 m) ; 5 octobre 1871, (8 h) ; 12 novembre 1871, (12 h 15 m) ; 3 décembre 1871, (1 h) ; 4 décembre 1871, (13 h 33 m) ; 20 novembre 1872, (5 h) ; 21 novembre 1872, population alarmée, (11 h 20 m) ; 21 novembre 1872, (22 h) ; 25 novembre 1872, ressentie jusqu'à Oran, forte sec., (22 h 30 m) ; 8 décembre 1872, population alarmée, (8 h) ; 16 septembre 1874, forte sec., (5 h 08 m) ; 18 septembre 1874, (8 h) ; 29 septembre 1874, (7 h 20 m) ; 10 avril 1875, (23 h). — *Ténès*, *Orléansville* : 17 août 1876, sec. ressentie à Miliana, (Q. 3), (3 h). — *Ténès* : 20 septembre 1876, (22 h) ; 21 septembre 1876, (3 h) ; 8 et 9 octobre 1876, plusieurs sec., (sans heure) ; 25 octobre 1876, forte sec., (1 h 55 m) ; 30 novembre 1876, une cloche a sonné, (5 h). — *Ténès* et *Orléansville* : 30 novembre 1876, (5 h 40 m). — *Ténès* : 22 décembre 1876, (3 h 30 m) ; 16 mars 1877, (8 h 45 m) ; 1 janvier 1879, forte sec., (3 h) ; 2 mars 1880, (20 h 30 m). — *Ténès* et *Orléansville* : 25 mars 1880, (5 h 30 m). — *Orléansville* : 7 novembre 1880, (3 h). — *Ténès* : 3 octobre 1881, (23 h) ; 28 décembre 1881, (20 h 30 m) ; 8 février 1882, (20 h) ; 20 février 1882, (11 h) ; 4 mars 1882, (0 h) ; 4 mars 1882, (3 h) ; 4 février 1883, (0 h 10 m) ; 4 avril 1883, (2 h 30 m) ; 21 juin 1883, (19 h 50 m) ; 14 juillet 1884, (22 h) ; 6 mai 1885, (22 h 30 m) ; 2 septembre 1885, (21 h) ; 7 septembre 1885, (18 h) ; 8 septembre 1885, (3 h) ; 9 septembre 1885, (3 h) ; 24 septembre 1885, (3 h) ; 25 septembre 1885, (sans heure). — *Orléansville* : 3 octobre 1885, légère sec., (6 h). — *Ténès* : 3 octobre 1885, (13 h) ; 26 mai 1886, (6 h) ; 21 janvier 1889, (sans heure). — *Orléansville* : 28 juillet 1890, (15 h). — *Ténès* et *Orléansville* : 15 janvier 1891, destructeur à Gouraya et Villebourg, (Q. 3), (3 h 55 m). — *Ténès* : 10 juin 1891, (15 h 20 m) ; 22 octobre 1892, (22 h). — *Ténès*, *Orléansville* : 16 juin 1893, (17 h 25 m) ; 2 juillet 1893, (5 h 20 m). — *Ténès* : 29 octobre 1893, (14 h 25 m) ; 22 novembre 1893, (4 h 05 m) ; 12 février 1894, (4 h) ; 21 mars 1894, (5 h 55 m) ; 28 juin 1894, (2 h) ; 23 décembre 1894, (23 h) ; 14 avril 1895, (sans heure) ; 10 juin 1895, (21 h 50 m) ; 19 août 1895, (sans heure) ; 20 août 1895, (1 h) ; 12 octobre 1895, (5 h 45 m) ; 19 janvier 1896, (3 h) ; 24 mars 1896, (23 h 30 m) ; 4 mai 1896, (3 h) ; 20 août 1896, (14 h) ; 11 novembre 1896, (1 h). — *Orléansville* : 20 novembre 1896, (19 h 50 m). — *Ténès* : 7 août 1897, (1 h) ; 9 août 1897, (20 h 30 m) ; 8 août 1898, (5 h 30 m) ; 24 octobre 1899, ressenti à El Biar ? (Q. 4), (1 h) ; 2 novembre 1899, ressenti à Cherchell (Q. 3), Alger, El Biar (Q. 4), (2 h) ; 19 février 1900, (22 h 30 m) ; 15 mars 1900, (5 h) ; 25 avril 1901, (18 h) ; 24 octobre 1901, (sans heure) ; 11 février 1905, (1 h). — *Ténès* et *Orléansville* : 1 juin 1905, (soir) ; -- *Warnier* près *Ténès* : 2 juin 1905, sec. forte, panique, (22 h 45 m), *Orléansville* (V), ressentie jusqu'à *Tizi-Ouzou* (Q. 5). — *Ténès* : 11 avril 1908, (1 h).

**QUADRILATÈRE 3**

(36° à 37° N ; 1°20' à 2°20' E Gr.)

*Miliana* : 23 novembre 1853, ressenti à Orléansville, (Q. 2), Alger (Q. 4), (7 h). — *Cherchel* : 31 juillet 1855, assez violente, (21 h 50 m) ; 22 novembre 1857, (13 h 45 m). — *Cherchel*, plusieurs maisons lézardées ; *Miliana* : 9 mars 1858, ress. à Alger, Blida, Boufarik, Médéa (Q. 4), (4 h 10 m). — Répliques à *Cherchel* et *Miliana* le 9 mars 1858. à 4 h 30 et 8 h. — *Cherchel* : début décembre 1858 ; 7 novembre 1862, (6 h 45 m) ; 7 ou 8 septembre 1865, réveil des habitants, (0 h 20 m). — *Duperré*, *Miliana*, *Cherchel* : 2 janvier 1865, destructeur à Mouzaïaville (Q. 4), (7 h 13 m 56 s). — *Cherchel* : 28 mars 1874, maisons presque toutes lézardées, exode des habitants, la caserne a particulièrement souffert, (11 h 10 m), ressentie à Alger (Q. 4) ; 28 avril 1874, (13 h 05 m) ; 24 octobre 1874, (3 h 10 m). — *Miliana* : 17 août 1876, sec. ressentie à Ténès et Orléansville (Q. 2), (3 h). — *Cherchel* : 17 août 1876, (3 h 30 m) ; 10 juillet 1877, (11 h 45 m), 1 septembre 1877, (8 h 40 m) ; 9 ou 10 février 1878, (sans heure). — *St-Cyprien Ste-*

*Monique* : 18 avril 1878, (9 h 30 m). — *Cherchel* : 11 janvier 1880, (22 h 45 m), 12 janvier 1880, (3 h) ; 10 mars 1880, (5 h 30 m). — *St-Cyprien* : 23 mai 1880, (22 h). — *Cherchel* : 2 juin 1880, (4 h) ; 13 avril 1881, sec. légère, (14 h 30 m) ; 31 mai 1881, (1 h 30 m) ; 3 octobre 1881, (3 h 05 m) ; 28 octobre 1881, 2 sec. très rapprochées, (6 h 09 m). — *St-Cyprien-des-Attafs* : 24 mai 1884, (4 h 30 m) ; 24 juillet 1884, 2 sec. (dans la nuit). — *Oued Fodda* : 14 et 15 janvier 1885, et dans toute la plaine du Chéfi. — *St-Cyprien-des-Attafs* : 14 février 1885, (sans heure). — *Milana* : 17 mars 1886, (13 h). — *Cherchel* : 10 mai 1889, (3 h) ; 8 novembre 1889, (20 h 07 m). — *Gouraya, Villebourg*, séisme destructeur, 38 morts : 15 janvier 1891, sec. ressentie à Alger, quelques dégâts, quelques maisons lézardées, *Blida*, quelques maisons effondrées, *Mouzaïville*, *El Affroun*, *Bouzaréah* (Q. 4), *Saïda* (Q. 11), (3 h 55 m). — *Cherchel* et le littoral jusqu'à *Bouzaréah* : 16 janvier 1891, (2 h 30 m). — *Cherchel* : 17 janvier 1891, (5 h 30 m) ; 30 juin 1891, (13 h) ; 5 juillet 1891, (2 h) ; 12 septembre 1891, (13 h 30 m) ; 21 octobre 1892, (7 h) ; 2 juillet 1893, (5 h 30 m) ; 12 février 1894, (15 h) ; 17-18 juillet 1895, (nuit) ; 18 juillet 1895, sec. ressentie à Alger, VI, (23 h) ; 30 août 1897, (0 h 11 m) ; 9 juillet 1899, (sans heure) ; 2 novembre 1899, ressentie à Ténès (Q. 2), (2 h) ; 20 février 1900, (2 h) ; 15-16 décembre 1900, (nuit).

QUADRILATÈRE 4  
(36° à 37° N ; 2°20' à 3°20' E Gr.)

*Alger, Douéra* : 9 février 1850, dégâts à *Zamora-el-Queuzet* (Q. 6), (nuit). — *Alger* : 30 août 1850, (sans heure) ; 5 septembre 1850, (15 h 50 m) ; 8 septembre 1850, (15 h 50 m) ; 10 septembre 1850, (22 h 22 m). — *Alger* et les environs : 20 juillet 1851, (18 h 10 m). — *Alger* : 8 août 1851, (sans heure) ; 20 juin 1852, (18 h 00 m) ; 16 octobre, (5 h 20 m). — *Alger, Médéa* : 23 novembre 1853, sec. ressentie à *Milana* (Q. 3), *Orléansville* (Q. 2), (7 h). — *Alger* : 9 février 1854, 2 sec. (sans heure). — *Blida* : 15 mai 1854, dommages à quelques maisons, éboulement considérable au rocher des Singes de la *Chiffa*, (15 h). — *Alger* : 1 février 1855, (3 h) ; 29 mars 1855, (1 h 30 m) ? — *Blida* : 28 novembre 1855, (20 h). — *Hamana-Righa*, trouble des eaux : 6 juin 1856, (7 h 20 m). — *Alger* : 3 octobre 1856, (12 h) ; 3 octobre 1856, (15 h) ; 16 avril 1857, (15 h 17 m). — *Alger, Blida, Boufarik, Médéa* : 9 mars 1858, dégâts à *Cherchel* (Q. 3), (4 h 10 m) ; 9 mars 1858, réplique à *Cherchel* (Q. 3), (4 h 30 m) ; 9 mars 1858, réplique à *Cherchel* (Q. 3), (8 h 00 m). — Deux sec. dans le Massif d'Alger : 10 mars 1858, (5 h 30 m). — *Alger Médéa* : 1 octobre 1858, des fontaines sur le versant sud de la montagne du *Darah* se sont taries, d'autres se sont formées, ressentie à *Aumale* (Q. 5), (1 h 45 m). — *Boufarik* : maison en maçonnerie lézardée ; *Alger* : 23 juin 1859, (12 h 30 m). — *Médéa* : 24 juin 1859 (12 h 30 m) ; 7 juillet 1859, (1 h 15 m) ; 3 octobre 1859, (9 h). — *Alger* : 20 octobre 1860, (0 h 35 m). — *Blida* : 29 mars 1861, 3 sec. violentes NW-SE, roulement lointain, quelques murs lézardés, (5 h 15 m). — *Alger* : 6 octobre 1862, sensible surtout dans le quartier de *Bab-el-Oued*, (21 h) ; 1 mars 1863, (7 h 30 m) ; 8 septembre 1863, légère sec. ressentie dans le quartier *Bab-Azoum*, (12 h 22 m) ; 16 janvier 1865, ressentie fortement dans la partie de la *Mitidja* située entre *l'Harrach*, *Maison Carrée*, *l'Arba*, *Rovigo* ; sec. ressenties également à *Blida* et *Boufarik*, (3 h 57 m). — *Alger, Staouéli* : 10 septembre 1865 plusieurs sec. assez fortes S-N, (3 h 30 m). — *Blida Boufarik* : 7 ou 9 juillet 1866, ressentie à *Boghar* (Q. 14), (13 h 15 m). — *Mouzaïville, La Chiffa, El Affroun, Ameur-el-Aïn* et *Bou-Roumi*, séisme destructeur, nombreuses victimes ; *Blida*, maisons lézardées, peu de dégâts à *Marengo* et *Tépaza* ; *Douéra*, maisons lézardées, à *Dalmatie* et *Oued-Jer* : 2 janvier 1867, sec. ressentie très largement à Ténès et *Orléansville* (Q. 2), *Duperré*, *Milana*, *Cherchel* (Q. 3), *Dellys*, *Aumale*, *Tizi-Ouzou*, *Dra-El-Mizan* et *Fort Napoléon* (Q. 5) *Teniet-el-Haad* (Q. 13), *Boghar* (Q. 14), (7 h 13 m 56 s).

Répliques ressenties à *Blida* : janvier : le 2 (22 h et 22 h 30 m), le 3 (7 h), le 4 (1 h 45 m ; 2 h ; 3 h 45 m ; 5 h 10 m ; 14 h 30 m ; 16 h 15 m ; 21 h), le 5 (3 h), le 6 (11 h 47 m), le 7 (1 h, 4 h et 5 h 10 m), le 8 (6 h), le 19 (4 h et 6 h), le 31 (5 h) ; celles du 4 à 3 h 45 m et du 7 à 5 h 10 m ont été fortement ressenties à *Alger*.

*Boufarik, Alger, Blida, El-Affroun* : 4 février 1867, sec. très étendue, voir (Q. 5, 8, 14, 15, 17), (3 h 25 m).

*Alger* : 11 février 1867, (1 h et 5 h). — *Mouzaïville* : 17 février 1867, (22 h 35 m). — *Blida* : 3 mars 1867, (1 h 40 m). — *Blida, Mouzaïville*, forte sec. (1 h 50 m). — *Médéa, Blida* et l'Ouest de la *Mitidja* : 22 avril 1867, très forte sec., les habitants quittent leurs demeures, (2 h 27 m). — *Blida, Mouzaïville* : 4 mai 1867, (23 h 30 m). — *Alger, Blida, Koléa* : 8 mai 1867, (11 h 40 m). — *Blida et Koléa* : 9 et 10 mai 1867, (sans heure). — *Mouzaïville*, violente sec., *Blida* et environs : 29 juin 1867, la sec. a été fortement ressentie à *Aumale* (Q. 5), (8 h 15 m).

Toutes les sec. précédentes sont probablement des répliques du foyer de *Mouzaïville*.

*Mouzaïville, La Chiffa, El Affroun* : 20 septembre 1869, quelques maisons lézardées ; *Chébli, Blida, Médéa*, (sans heure). — *Alger* : 25 au 26 mars 1870 (nuit). — *Alger, Mouzaïville, Boufarik, Blida* : 30 au 31 mars 1870, forte sec., des maisons furent lézardées (nuit). — *Alger* : 29 octobre 1870, (0 h 10 m). — *Blida* : 15 mars 1871, sec. légère, (sans heure). — *Médéa, Blida* : 31 décembre 1871, (8 h 30 m). — *Alger* : 25 février 1872, sec. légère, (21 h). — *Rovigo* : 25 février 1872, (21 h 15 m). — *Blida* : 20 octobre 1873, sec. violente, trépidation sur place, (22 h 40 m). — *Alger* : 7 janvier 1874, (23 h 25 m). — *Blida* : 11 février 1874, (10 h 55 m). — *Alger* : 28 mars 1874, (10 h 15 m) ; 28 mars

1874, dégâts à Cherchel (Q. 3), (11 h 10 m); 11 avril 1874, plusieurs sec. rue Bab-el-Oued (0 h); 13 avril 1874, (11 h); 7 décembre 1874, (14 h 15 m). — *Boufarik*: 17 décembre 1874, (18 h). — *Alger*: 24 janvier 1875, (sans heure); 27 janvier 1875, (17 h 30 m); 22 juin 1876, un buffet a remué, Mustapha, (16 h 30 m). — *Blida, Bouzaréah*: 28 novembre 1875, 2 légères sec.: (21 h 10 m et 21 h 30 m). — *Blida*: 2 mars 1876, (20 h 40 m). — *Alger, Médéa*: 23 mars 1876, très fort à *Oued-Djer, El Affroun* où des maisons furent lézardées; *Mouzaïville*, le séisme a été ressenti dans un train en marche, (6 h 34 m). — *Blida, Médéa*: 23 mars 1876, (6 h 55 m). — *Alger*: 23 mars 1876, (7 h 02 m). *Blida, Médéa, Mouzaïville*: 4 mai 1876, (15 h 12 m); — *Mouzaïville EL-Affroun*: 19 septembre 1877, (15 h 30 m), 19 septembre 1877, (16 h). — *Phare du Cap Casine*: 13 avril 1878, (1 h 40 m). — *Alger*: 14 octobre 1880, (13 h 18 m). — *Alger, Casine, Médéa, Blida*: 19 octobre 1880, (19 h 05 m). — *Alger*: 21 octobre 1880, (17 h). — *Médéa*: 19 novembre 1880, (19 h 05 m). — *Staouéli*: 19 novembre 1880, (19 h 10 m). — *Alger*, éboulements; *Mouzaïville*, lézardés: 12 janvier 1881, (16 h). — *Alger, Boufarik*, bûches de vaisselles, des bouteilles renversées: 4 février 1881, (23 h). — *Médéa*: 26 mars 1882, (8 h 5 m); 9 août 1882, (13 h 18 m). — *Alger, Boufarik*: 20 juin 1883, ressenti à Fort National (Q. 5), (15 h 45 m). — *Alger*: 21-22 septembre 1883, (0 h), 1 novembre 1883, (0 h). — *Castiglione*: 21 janvier 1885, (2 h 15 m). — *Médéa*: 14 juin 1885, (9 h 30 m); 7 mai 1886, ressenti à Aumale (Q. 5), (16 h). — *El Affroun*, sec. très violente, église, école, mairie et un grand nombre de maisons endommagées, *La Chiffa, Mouzaïville, Oued-Djer*, quelques dégâts; *Alger*, légère sec.: 6 janvier 1888, (23 h 40 m). — *El Affroun*: 16 janvier 1888, (le matin). — *Alger*: 25 janvier 1888, (4 h 30 m); 8 novembre 1889, (20 h 20 m). — *Bouzaréah; Rouïba*: 15 janvier 1891, destructeur à Gouraya et Villebourg (Q. 3), (3 h 55 m). — *Bouzaréah*, réplique du précédent: 16 janvier 1891, (2 h 30 m). — *Alger; Rouïba*: 23 octobre 1891, ressenti à Dellys; Tizi-Ouzou, Fort National (Q. 5), (20 h 40 m). — *Alger; Bouzaréah*: 8 mai 1893, (16 h 30 m); 20 juin 1893, (0 h 20 m). — *Alger; Bouzaréah; Rouïba*: 6 avril 1894, (6 h). — *Alger*, degré VI; *Bouzaréah; Rouïba*: 18 juillet 1895, ressenti à Cherchel (Q. 3), (23 h). — *El Biar*: 24 octobre 1899, ressenti à Ténès (Q. 2), (6 h 42 m). — *El Biar; Alger*: 2 novembre 1899, ressenti à Ténès (Q. 2) et Cherchel (Q. 3), (1 h 30 m). — *Rouïba*: 23-24 février 1901, (nuit). — *Blida*: 14 mars 1901 (5 h 10m). — *Alger; Bouzaréah; El Biar; Maison-Carrée; Blida*: 23 septembre 1903, ressenti à Aumale (Q. 5), (1 h 55 m). — *Blida*: 15 août 1904, (0 h 25 m); 28 avril 1906, (16 h 40 m). — *Blida VII-VIII; EL-Affroun*: 10 mars 1908, (0 h 06 m). — *Alger II-III*: 9 juin 1908, (16 h 16 m). — *Blida VII; Alger* et environs V-VI: 9 juin 1908, (19 h 51 m). — *L'Arba*: 3 octobre 1908, (11 h 36 m). — *Alger*: 1 janvier 1909, (sans heure). — *Médéa; Lodi; Mouzaïville, forte; EL-Affroun; Blida*, panique: 28 mars 1910, (22 h 30 m). — *Lodi*: 14 juillet 1910, (21 h 15 m). — *Bouzaréah*, craquement de boiseries: 11 juillet 1910 (18 h 44 m 8 s). — *Médéa*: 12 juillet 1910, (2 h 30 m). — *Lodi*: 24 juillet 1910, (9 h 30 m). — *Téboul; Alger; Bouzaréah*: 20 août 1910, ressenti à Bir-Rabalou; Aumale; Courbet (Q. 7), (1 h 30 m). — *Alger; Bouzaréah*: 8 décembre 1910, (12 h 47 m 43 s); 10 décembre 1910, (9 h 47 m 33 s); 10 décembre 1910, (10 h 41 m); 13 décembre 1910 (11 h 46 m 27 s); 16 décembre 1910, (10 h 19 m 24 s); (15 h 04 m 27 s); (23 h 22 m). — *Alger; Bouzaréah*: 18 décembre 1910, (5 h 38 m 25 s); 23 décembre 1910, (1 h 13 m); 31 décembre 1910, (4 h 54 m 57 s).

QUADRILATÈRE 5

(36° à 37° N; 3°20' à 4°20' E Gr.)

*Ouennougha*: 12 janvier 1855, (sans heure). — *Ouennougha; Mélouza*, grandes crevasses, 3 enfants écrasés: 5 février 1855, (15 et 16 h). — *Ouennougha*, moins forte que la précédente: 6 février 1855, (15 et 16 h); 12 février 1855, (sans heure). — *Dellys*: 5 juin 1858, (14 h 15 m). — *Aumale*: 1 octobre 1858, ressenti à Alger, Médéa (Q. 4), (1 h 45 m); 2 octobre 1858, (16 h); 3 octobre 1858, (après-midi); 4 octobre 1858, (5 h); 31 juillet 1860, (1 h); légère sec.: 28 mars 1861, (1 h 30 m); sec. N-S: 21 octobre 1861, (20 h 30 m); 2 sec. moins fortes que la précédente: 21 octobre 1861, (21 h 30 m); sec. N-S, 2 sec. assez fortes: 5 juin 1863, (1 h); 2 légères sec.: 21 juin 1863, (18 h 50 m); 22 juin 1863, (3 h 50 m); légère sec.: 11 juillet 1863, (15 h 18 m); bruits souterrains, sans date, (16 h 35 m); légère sec.: 19 juillet 1863, (23 h); plusieurs maisons lézardées: 23 juillet 1863, (3 h 30 m); légère sec.: 2 août 1863, (6 h); forte sec.: 8 septembre 1863, (0 h 15 m); sec. violente SN, la plupart des maisons exigent des réparations: 8 septembre 1863, (12 h 15 m); légère sec. NS: 3 décembre 1863, (16 h 30 m). — *Fort Napoléon; Kabylie*: 11 juin 1865, (2 h). — *Fort Napoléon*: 14 juillet 1865, (12 h 40 m). — *Dellys; Aumale; Tizi-Ouzou; Dra-el-Mizan; Fort-Napoléon*: 2 janvier 1867, (7 h 13 m 56 s). — *Aumale*: 19 janvier 1867, séisme destructeur à Mouzaïville (Q. 4), (19 h), sec. étendue voir (Q. 4, 6, 14, 15, 17): 4 février 1867, (3 h 25 m); 16 avril 1867, (10 h 40 m); 24 juin 1867, (1 h 50 m); chute d'une corniche de la caserne de gendarmerie: 29 juin 1867, ressenti à Morzaïville; (Q. 4), (8 h 15 m); fortes sec.: 15 juillet 1869, (sans heure). — *Tizi-Ouzou*: 7 janvier 1874, (10 h); 8 janvier 1874, (0 h). — *Dra-el-Mizan*: 7 décembre 1874, (14 h 01 m). — *Aumale*: 26 octobre 1876, (22 h 35 m); 27 octobre 1876, (1 h 30 m); *Dra-el-Mizan*: 16 novembre 1876, (9 h); 26 janvier 1877, (7 h). — *Fort National*: 22 février 1877, (7 h). — *Aumale*: 2 juin 1877, (3 h). — *Fort National*, bruit souterrain: 26 ou 29 mars 1881, (0 h 2 m); ressenti jusqu'à Alger?: 5 décembre 1881, (23 h 10 m); ressenti à Alger et Boufarik (Q. 4): 20 juin 1883, (3 h 45 m). — *Tizi-Ouzou*, forte sec.: 10 juillet 1884, (2 h). — *Fort National*: 14 juillet 1884, (12 h 48 m); 14 juillet 1884, (15 h); 14

juillet 1884, (20 h 15 m). — *Tizi-Ouzou*; *Fort National*: 16 juillet 1884, (10 h 10 m); 16 juillet 1884, (12 h 31 m). — *Tizi-Ouzou*: 9 février 1885, (0 h). — *Aumale*: 7 mai 1885, ressenti à Médéa (Q. 4), (15 h); 17 août 1886, (22 h 36 m). — *Aumale*; *Ain-Bessem*, 15 constructions arabes en mauvais état ont été détruites dans les Ouled-Mériem et les Ouled-Boussaf: 9 septembre 1886, (sans heure). — *Aumale*: 22 septembre 1886, (11 h 20 m); 26 septembre 1886, (18 h 45 m); 9 octobre 1886, (1 h 40 m); 10 octobre 1886, (16 h 40 m); 11 octobre 1886, (3 h 35 m); formations de lézardes dans de nombreuses maisons: 14 octobre 1886, (10 h 15 m); 19 novembre 1886, (17 h 55 m); 20 novembre 1886, (6 h); 20 novembre 1886, (19 h 25 m); 21 novembre 1886, (18 h 25 m); 14 décembre 1886, (12 h 10 m). — *Fort National*; *Aumale*: 7 janvier 1887, ressenti à Téniet-el-Hâad (Q. 13), (19 h 55 m). — *Fort National*: 8 janvier 1887, (3 h 46 m); 11 janvier 1887, (4 h 20 m). — *Palestro*: 21 février 1888, (2 h). — *Tizi-Ouzou*: 23 mars 1896, (2 h 10 m). — *Dellys*; *Tizi-Ouzou*; *Fort National*: 23 octobre 1891, ressenti à Alger et Rouïba (Q. 4), (20 h 42 m). — *Fort National*: 24 octobre 1891, (13 h 40 m). — *Aumale*: 22 mars 1892, (4 h 35 m); 21 avril 1894, (4 h 25 m); 22 juillet 1894, (12 h 45 m); 13 janvier 1895, (sans heure). — *Tizi-Ouzou*: 18 janvier 1895, (20 h 30 m). — *Aumale*: 21 février 1896, (le matin); 13 avril 1896, (21 h 30 m); — *Fort National*: 13 septembre 1896, (21 h 48 m). — *Aumale*: 31 mars 1897, (10 h 10 m); 15 février 1899, (20 h 10 m); 28 mai 1902, (3 h 25 m); 23 septembre 1903, ressenti à Alger, Blida, etc. (Q. 4), (2 h). — *Tizi-Ouzou*: 16 octobre 1903, (19 h 35 m). — *Fort National*: 11 février 1906, (matin); 19 juin 1907, (13 h 15 m). — *Aumale*: 27 août 1907, (11 h 40 m). — *Tizi-Ouzou*: 9 octobre 1907, (16 h). — *Masqueray*; *Ain-Bessem*; *Bir-Rabalou*, maisons écroulées, 12 victimes indigènes, quatre agents forestiers blessés, blocs de rochers détachés de la montagne, séisme destructeur: 24 juin 1910, (13 h 38,7 m).

En 1910 répliques ressenties à *Aumale*, *Ain-Bessem*, *Bir-Rabalou*: le 24 juin 1910, (16 h 15 m, 17 h 30 m, 23 h 00 m), le 25 juin 1910, (4 h 50 m), 29 juin (2 h 35 m), 30 juin (9 h 05 m), 4 juillet (3 h 30 m), 11 juillet (1 h 30 m, 6 h 30 m, 10 h 30 m), 12 juillet (21 h 07 m), 13 juillet (8 h 04 m), 17 juillet (17 h 40 m), 18 juillet (21 h 39 m 40 s), 19 juillet (0 h 25 m), 21-22 juillet (15 h 40 m, 17 h, 22 h, 24 h), 25 juillet (1 h 40 m), 12 août (0 h 07 m et 2 h 10 m).

Parmi ces répliques, la secousse du 11 juillet 1910 à 1 h 30 m a provoqué quelques dégâts à *Bir-Rabalou*; celle du 12 juillet 1910 à 21 h 07 m a provoqué une panique à *Bir-Rabalou* et a été ressentie faiblement à Alger; celle du 18 juillet 1910 à 21 h 39 m 40 s a été ressentie dans toute la région d'Alger.

*Bir-Rabalou*, *Aumale*, *Courbet*: 20 août 1910, sec. ressentie à Tablat et Alger (Q. 4), (1 h 36 m). — *Ain-Bessem*: 30 août 1910, (3 h 30 m). — *Aumale*: 16 décembre 1910, (10 h 29 m).

#### QUADRILATÈRE 6

(36° à 37° N; 4°20' à 5°20' E Gr.)

*Zamora-el-Guenzel* (Zemmoura?), maisons détruites; *Bordj-Bou-Arréridj*, quelques dégâts; très forte sec. ressentie jusqu'à Alger et Douéra: 9 février 1850 (nuit). — *Bougie*: 21 et 22 août 1856, très importante sec. ressentie dans Q. 7, 8, 9. — *Bougie*: 14 août 1860, (21 h 30 m). — *Bordj-Bou-Arréridj*, légère; *Tazmalt*, forte, maisons écroulées dans quelques villages situés dans la vallée de l'Oued-Sahel: 27 septembre 1860, (sans heure). — *Bougie*: 30 novembre 1862: ressenti à Djidjelli, Takitount et Sétif (Q. 7) et à Philippeville (Q. 8), (0 h 25 m). — *Bougie* NS: 10 novembre 1863, (sans heure). — *Bordj-Bou-Arréridj*, 2 sec., la deuxième a provoqué le tintement de la cloche du village: 1 juin 1864 (matin); 2 juin 1864 (11 h, 12 h, 14 h, 14 h 30 m). — *Bougie*, forte sec. NS: 19 juillet 1864 (9 h 15 m 30 s); 20 octobre 1864, (1 h 45 m); 25 février 1865, (2 h 05 m), (2 h 14 m); forte sec., quelques murs ont été lézardés: 25 février 1865, (2 h 19 m). — *Béni Mansour*: 1 octobre 1872, (6 h — 7 h); 27 avril 1874, (14 h 28); 22 décembre 1874, (13 h 30 m). — *Ain-Tagrout*: 12 novembre 1875, (11 h 25 m). — *Bougie*: 2 mars 1879, (5 h); 20 février 1880, (23 h 50 m); 17 avril 1880, (22 h 37 m), (23 h 43 m); 6 septembre 1880, (11 h 10, 14 h 15 m); légère sec.: 12 octobre 1880, (12 h 30 m); 30 novembre 1880, (20 h); 24 décembre 1880, fortes sec. (19 h et 19 h 30 m); 31 décembre 1880 (21 h 30 m et 22 h). — *Bougie*: 29 janvier 1881, (4 h 20 m); 27 février 1881, (3 h); 13 décembre 1881, (18 h 55 m). — *Bougie*, *Bordj-Bou-Arréridj*: 30 janvier 1885, (9 h 30 m). — *Bougie*: 1 février 1885, (18 h). — *Kerrata*: 11 mai 1885, (sans heure). — *Bordj-Bou-Arréridj*, on compte 40 sec. du 3 au 31 décembre 1885. Les dégâts ont été considérables; sec. du 3 décembre ressentie à Sétif (Q. 7), Bou-Saada (Q. 15), M'Sila (Q. 16), Batna (Q. 17), (20 h 30 m).

52 répliques à *Bordj-Bou-Arréridj* du 3 décembre 1885 au 10 février 1886. — *Bordj-Bou-Arréridj*: 7 mars 1886, (23 h), 9 mars 1886 (23 h), 12 mars 1886 (23 h), 31 mai 1886, (2 h). — *Sidi-Aich*, 2 sec., la seconde très violente: 23 avril 1886, (sans heure). — *Bougie*, faible, dégâts à Takitount (Q. 7): 1 juillet 1886, (9 h 45 m). — *Bordj-Bou-Arréridj*: 9 juillet 1886, (sans heure). — *Sidi-Aich*: 27 juillet 1886, (sans heure). — *Bordj-Bou-Arréridj*: 19 août 1886, (4 h 30 m). — *Medjana* et *El Achir*, murailles écroulées; *Mansoura*, 40 gourbis effondrés et plusieurs maisons d'administration fortement endommagées; *Bordj-Bou-Arréridj*, 2 fortes sec.; *Azaga*: 8 janvier 1887, ressenti à M'Sila (Q. 16) et à Sétif (Q. 8), (20 h).

Répliques ressenties à *Bordj-Bou-Arréridj* le 9 janvier 1887, (2 h et 24 h); à *Bordj-Bou-Arréridj* et à *Bougie* le 10 janvier à 4 h 26 m; à *Bordj-Bou-Arréridj* le 10 janvier (5 h 04 m), à *Azaga* le 11 janvier à 3 h; à *Bordj-Bou-Arréridj* les 21, 26, 27, 28, 29 et 30 janvier 1887. — *Bougie*: 18 juin 1887 (5 h 40 m). — *Bordj-Bou-Arréridj*, violente: 6 octobre 1887, (12 h 55 m); moins forte: 6 octobre

1887, (13 h); violente; 25 octobre 1887, (1 h 45 m); moins forte: 25 octobre 1887, (2 h 10 m); violente: 25 octobre 1887, (8 h 25 m); 26 octobre 1887, (22 h 15 m). — *Bordj-Bou-Arréridj*: 23 janvier 1888, (4 h 35 m); 22 octobre 1891, (6 h 43 m); 1 novembre 1891, (15 h 40 m); 14 janvier 1892, ressenti à Sétif (Q. 7), (matin). — *Bougie*: 6 décembre 1905, (15 h). — *Oued-Amizour*: 3 décembre 1908, (8 h 21 m). — *El Kseur*: 3 décembre 1908, (8 h 41 m). — *Kerrata*: 30 août 1910, (3 h 30 m).

QUADRILATÈRE 7

(36° à 37° N; 5°20' à 6°20' E Gr.)

*Sétif*: 5 octobre 1855, (15 h). — *Djidjelli* et autres lieux: (tremblement désastreux) épicentre en mer?, 21 et 22 août 1856.

54 répliques ressenties à Djidjelli du 21 août au 28 novembre 1856.

*Djidjelli*: 23 août 1856, (8 h 15 m); 23 août 1856, (20 h, 24 h); 24 août 1856, (13 h); 25 août 1856, ressentie jusqu'à Batna, (1 h, 5 h, 21 h 45 m); 26 août 1856, (1 h); 27 août 1856, (5 h 35 m); 2 septembre 1856, (12 h 25 m, 3 h 40 m, 5 h). — *Sétif*: 13 septembre 1856, (10 h). — *Djidjelli*: 14 octobre 1856, (sans heure); 23 mars 1859, (2 h); 6 novembre 1861, (13 h); 6 novembre 1861, population effrayée, (19 h 15 m); 8 avril 1862, (4 h 48 m). — *Takitount*, cheminées et murs lézardés; *Djidjelli*; *Sétif*, arrêt des pendules: 30 novembre 1862, (0 h 25 m); ressenti à Bougie (Q. 6) et à Philippeville (Q. 8). — *Sétif*, faible sec. ressentie dans le village d'*Ain-Trik*: 21 août 1863, (5 h 15 m). — *Djidjelli*, forte: 2 octobre 1864, (2 h); 5 janvier 1866, (19 h). — *Djidjelli*, destructeur à Mouzaïaville (Q. 4): 2 janvier 1867 (7 h 13 m). — *Sétif*, ressenti à Aumale (Q. 5): 25 janvier 1867, (1 h). — *Sétif*, le moulin de l'Oued Kerma situé au voisinage a éprouvé quelques dégâts et plusieurs maisons ont été fortement ébranlées aux Euhmas: 19 juillet 1867, (16 h 20 m); 16 novembre 1869, (12 h 05 m); 12 novembre 1875, (11 h 30 m). — *Djidjelli*: 23 février 1876, (0 h 45 m); 23 février 1876, (1 h 03 m); forte sec., les habitants ont quitté leurs maisons: 23 février 1876, ressentie à Philippeville et à Hammam-Meskoutine (Q. 8), (1 h 30 m); 24 février 1876, (21 h). sec. plus forte que les précédentes: 26 février 1876, (21 h). — *Sétif*, *Takitount*: 23 décembre 1876, (20 h 30 m). — *Sétif*, mouvement de translation horizontale: 16 février 1881, (20 h 40 m). — *Djidjelli*, 3 sec.: 24 juin 1884, (sans heure). — *Sétif*: 30 janvier 1885, ressenti à Bougie, Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6) et N' Gaous et Bou-Saada (Q. 17), (9 h 30 m); 11 février 1885, (7 h 45 m); 13 février 1885, (sans heure). — *Takitount*: 11 juin 1885, (2 h et 3 h). — *Sétif*: 3 décembre 1885, épicentre dans les Bibans (Q. 6), (20 h 30 m). — Légères sec. à Takitount: janvier 1886, (sans jour et sans heure). — *Takitount*, dommages aux maisons; *Sétif*, très forte, *Djidjelli*, faible: 1 juillet 1886, ressenti à Bougie (Q. 6), (9 h 45 m). — *Takitount*: 3 juillet 1886, (0 h, 15 h, 18 h). — *Sétif*: 15 novembre 1886, (sans heure); 8 janvier 1887, épicentre dans les Bibans (Q. 6), (20 h); fortes sec. 9 janvier 1887, (24 h); 14 janvier 1892, ressenti à Bordj-Bou-Arréridj, (Q. 6), (6 h 20 m). — *Djidjelli*: 8 décembre 1905, ressentie à Constantine (Q. 8), (sans heure). — *Mila VII*: 4 août 1908, dégâts aux environs de Constantine (Q. 8), ressenti à Bône, Guelma (Q. 9), (2 h 11 m).

QUADRILATÈRE 8

(36° à 37° N; 6°20' à 7°20' E Gr.)

*Constantine*: 4 mars 1855, (sans heure); 12 avril 1855, (sans heure). — Tremblement de terre désastreux, épicentre probablement en mer dans le Q. 7, ressenti dans les Q. 6, 7 et 9: 21 et 22 août 1856, (sans heure). — *Philippeville*, 3 sec.; *Collo*, renversement des maisons qui avaient résisté aux premiers mouvements: 23 août 1856, (8 h 15 m). — *Philippeville*: 23 août 1856, (20 h et 24 h); 3 septembre 1856, (13 h). — *Stora*: 12 septembre 1856, (22 h 30 m); sec. répétées: 13 septembre 1856, (10 h), jusqu'au 17 septembre. — *Philippeville*: 13 septembre 1856, (9 h 50 m). — *Beni Melek*: 26 septembre 1856, (14 h 10 m). — *Philippeville*, lézardées à quelques maisons: 2 octobre 1856, (1 h 45 m); 3 octobre 1856, (sans heure); 5 octobre 1856, (14 h). — *Philippeville* et *Constantine*: 10 octobre 1856, (15 h). — *Constantine*; *Philippeville*; des plâtres se sont détachés de la voûte de l'église: 24 avril 1859, (15 h 35 m). — *Philippeville*, sec. violente: 8 mai 1859, ressentie à Bône et Guelma (Q. 9), (16 h). — *Constantine*: 9 mai 1859, (sans heure). — *Constantine*, meubles ébranlés, bruit souterrain: 11 janvier 1860, (17 h 45 m). — *Philippeville*: 16 au 17 janvier 1861 (nuit). — *Constantine*: 21 janvier 1861, (sans heure). — *Philippeville*: 22 janvier 1861, (6 h 20 m); 8 avril 1862, (matin). — *Philippeville*, *Constantine*, plusieurs sec.: 8 au 12 avril 1862. — *Philippeville*: 30 novembre 1862, destructeur à Takitount (Q. 7), (0 h 25 m). — *Constantine*, légère sec.: 26 juin 1863, (après-midi). — *Philippeville*, faible: 20 octobre 1864, ressenti à Djidjelli (Q. 7), (2 h). — *Constantine*, claquements de portes et de fenêtres: 18 octobre 1865, (22 h 05 m). — *Philippeville*, forte sec.: 9 février 1866, (22 h 45 m). — *Constantine*, ressentie faiblement à Philippeville: 7 octobre 1866, (6 h 04 m). — *Philippeville*, quelques jours après, sans autre précision, une sec. plus sensible, (3 h 25 m). — Province de Constantine, sec. très étendue voir (Q. 4, 5, 14, 15, 17): 5, ou le 4 février 1867. — *Ain-Smara*: 26 octobre 1867, (0 h 25 m). — *Philippeville*; *Collo*, légère sec.: 10 avril 1869, (22 h 15 m). — *Philippeville*; *Constantine*, plusieurs sec. à des heures mal définies: 6 mai 1871, (13 h 55 m). — *Constantine*, murs lézardés; *Philippeville*: 7 mai 1871, (2 h 30 m). — *Philippeville*, sec. légère: 1 mai 1873, (sans heure). — *Le Hamma*:

16 avril 1874, (1 h). — *Constantine*, sec. verticale: 20 janvier 1876, (9 h). — *Philippeville*; *Hamman-Meskoulène*, déchûre sur le flanc du cône de la grande cascade: 23 février 1876: ressenti à Djidjelli (Q. 7), (1 et 1 h 30 m). — *Constantine*: 29 août 1887, (16 h 15 m). — *Philippeville*, forte sec.; *Constantine*: 21 octobre 1891, (23 h 45 m). — *Ouled-Rahmoun*: 23 avril 1886, (18 h 30 m). — *Constantine*: 26 novembre 1893, (11 h 55 m); 22 mai 1894, (18 h 35 m); violente sec. degré VI: 19 septembre 1894, (6 h 45 m); 20 septembre 1894, (14 h 12 m); 21 mars 1899, (16 h 35 m); 8 juin 1899, (18 h 30 m); 12 juin 1899, (1 h); 13-14 juin 1900, (nuit); 14 mars 1902, (21 h); 23 mars 1903, (4 h); 10 mars 1903, (4 h 30 m); 15 avril 1905, (matin); 8 décembre 1905; ressenti à Djidjelli (Q. 7); 6 juin 1907, (sans heure); 8 juin 1907, (matin). — *Porte Beni-Srmane, Constantine*, VIII, IX: début de septembre 1907. — *Constantine*: 28 janvier 1908, (sans heure); 2 juin 1908, (soir). — *Montcalm*, fort: 17 juin 1908, ressenti à *Guelma* et *Bône* (Q. 9), (0 h 15 m); 17 juin 1908, ressenti à *Guelma* et *Bône* (Q. 9), (3 h 21 m ca). — *Constantine et environs*; *plateau Mansoura*; *Condé-Smendou, Rouffach*; *Sidi-Mabrouh*; région de Bizot, ferme Théolier VIII, *El Arrouch*; *Ain-Smâra*; *le Kroub*; *Ouled Rahmoun* VII; *Philippeville*; *Collo* VI: 4 août 1908, ressenti à *Mila* (Q. 7) et à *Bône*; *Guelma*; *Soukharas* (Q. 9), (2 h 11 m). — *Constantine*, quatre sec.: 5 août 1908 (dans la journée).

QUADRILATÈRE 9

(36° à 37° N; 7°20' à 8°20' E Gr.)

*Guelma*, sec. violente, murs lézardés, ressentie aussi très fortement dans les villages de *Millésimo*; *Petit*; *Hélopolis*; dans toute la *Gorge d'Hamma-Berda* des murs ont été lézardés; *Bône*, assez fort: 17 décembre 1850, (12 h 30 m). — *Guelma*, 4 sec. au cours des 2 derniers mois: 8 décembre 1854, (13 h). — *Bône*: 21 au 22 août 1856, séisme destructeur dans (Q. 8). — *Bône*; *Guelma*, légère: 8 mai 1859: ressenti à *Philippeville* (Q. 8), (16 h). — *Guelma*: 21 décembre 1864, (11 h 21 m). — *Bône*: 21 mai 1866 (2 h 10 m). — *Guelma*; *Bône*: 19 janvier 1867, (6 h). — *Millésimo*; *Petit*; et autres villages de la province de *Constantine*: 19 janvier 1867, (6 h 13 m). — *Bône*: 1 juin 1870, (0 h 27 m). — *Guelma*: 15 juin 1875, (0 h); 12 juin 1877, (9 h). — *La Calle*: 9 février 1880, (0 h 10 m). — *Bou Hadju* (Bou Hadjar?): 5 juin 1881, (19 h 45 m). — *Guelma*: 21 août 1883, (4 h 45 m); 12 avril 1885 (5 h 49 m); 24 février 1890, (14 h 14 m et 22 h 40 m); 25 février 1890, (2 h 30 m); 12 mai 1892, (sans heure). — *Bône* IV: 5 avril 1904, (21 h 01 m). — *Guelma* VII à VIII; *Bône* VI: 17 juin 1908, ressenti à *Montcalm* (Q. 8), (0 h 15 m). — *Guelma*; *Bône* VII, VIII: 17 juin 1908, ressenti à *Montcalm* (Q. 8), (3 h 21 m ca). — *Guelma*: 17 juin 1908, (4 h 51 m). — *La Calle*: 19 juin 1908, (1 h 51 m). — *Bône*; *Guelma*; *Soukharas* VI: 4 août 1908, dégâts dans le Q. 8, (2 h 11 m). — *Guelma*: 25 juin 1910, (22 h 00 m).

QUADRILATÈRE 10

(35° à 36° N; 1°40' W à 0°40' W Gr.)

*Tlemcem*: 11 novembre 1858, (16 h). — *Nemours*; *Tlemcem*: 1 mars 1871, 23 mars 1871, (sans heures). — *Nemours*: 14 février 1891, (20 h 30 m); 1 mars 1891, (3 h et 13 h). — *Tlemcem*: 17 avril 1893, (soir). — *Nemours*: 18 décembre 1901, (matin). — *Turenne*: 15 décembre 1910, (19 h 30 m). — *Turenne* III: 16 décembre 1910, (6 h 15 m).

QUADRILATÈRE 11

(35° à 36° N; 0°40' W à 0°20' E Gr.)

*Mascara*, forte sec., toutes les maisons françaises à un ou plusieurs étages ont été plus ou moins endommagées, trois se sont écroulées, des animaux ont été frappés de stupeur: 22 novembre 1851, (9 h 30 m). — *Mascara*: 23 et 24 novembre 1851. — *Oran*: 1 février 1854, (22 et 24 h); 2 février 1854, (5 h). — *Mascara*, violente sec.: 3 juillet 1856, (2 h 20 m). — *Mostaganem*: 16 juillet 1857, (15 h 40 m). — *Oran*: 10 septembre 1857, (3 h 25 m). — *St-Denis-du-Sig*: 14 décembre 1857, (sans heure). — *Oran*: 2 mars 1858, (22 h 00 m). — *Arzew*: 31 mai 1858, (1 h). — *Oran*: 23 octobre 1858, (sans heure); 28 mars 1859, (6 h 15 m); 22 décembre 1859, (1 h 23 m). — *Mostaganem*: 24 janvier 1860, (sans heure). — *Oran*; *Mostaganem*: 8 juin 1860, (1 h 43 m). — *Mostaganem*: 16 juin 1860, (sans heure). — *Oran*: 20-22 septembre 1860, (nuit); 26 juillet 1861, (7 h 15 m); violente sec. Eglise St-Louis lézardée: 26 juillet 1861, (17 h 20 m). — *Mostaganem*, 2 sec. SW-NE: 8 juin 1862, (13 h 30 m). — *Oran*, forte sec.: 11 août 1863, (21 h 30 m); légère sec.: 10 mars 1864, (11 h 10 m); forte sec.: 15 octobre 1865, (sans heure); 14 février 1867, (3 h 25 m); 15 février 1867, (3 h 20 m). — *Mostaganem*, plusieurs sec.: 7 au 8 février 1871, (sans heure). — *Oran*: 1 mars 1871, ressenti à *Nemours* et *Tlemcem* (Q. 10). — *Mostaganem*: 22 novembre 1871, (sans heure). — *Mascara*: 23 novembre 1871, (sans heure). — *Mostaganem*, forte sec., plusieurs maisons lézardées; *Mazagan*, croix du clocher renversée: 29 juillet 1872; ressenti jusqu'à *Oran* et *Alger* (Q. 4), (8 h 15 m). — *Oran*, 2 sec.: 16 janvier 1873, (3 h). — *Sidi-bel-Abbès*, *Tlélat*, sec. fortes entre *Mascara* et *Sidi-bel-Abbès*, puits comblés, fermes endommagées, dépressions du sol sensibles: 20 janvier 1875, (9 h 55 m). — *Mostaganem*: 24 mai 1875, (18 h 30 m); 2 juin

1875, (16 h 05 m). — *St-Lucien*: 21 août 1885, (20 h). — *Oran*: 6 mai 1887, (15 h). — *Mascara*; *Oran*: 20 novembre 1887, aéisme destructeur à Kalaa, Delba et Thiouanet (Q. 12), (13 h 30 m). — *Mostaganem*, maisons sérieusement ébranlées: 2 octobre 1888, (10 h 15 m). — *Oran*, violente sec. échappées renversées, murs lézardés; *Sidi-Bou-Abbas*; *Mers-el-Kébir*; *Tamzoura*; *Sidi-Chami*; *Tlélat*: 21 mai 1889 (4 h 15 m). — *Oran*: 13 juillet 1889, (12 h 15 m). — *Saida*: 15 janvier 1891, destructeur à Gouraya et Villebourg (Q. 3), (3 h 55 m). — *Fornaka*, maison effondrée: 27 février 1892, (sans heure). — *Oran*: 20 juin 1894, (2 h 52 m); 22 juin 1894, (4 h 50 m); 23 octobre 1897, (7 h 30 m); 23 août 1904, ressenti à l'Hillil et Relizane (Q. 12), (10 h). — *Oran* IV-V; 9 août 1907, ressenti à Teniet-el-Haad (Q. 13); Relizane (Q. 12), (1 h 21 m).

QUADRILATÈRE 12

(35° à 36° N; 0°20' E à 1°20' E Gr.)

*Relizane*, très forte sec.; nombre maisons lézardées, plusieurs autres sec. plus ou moins fortes: 8 juin 1862, (12 h 45 m). — *Relizane*, frayeur de toute la population: 9 juin 1862 (1 h); sec. précédée d'un grondement (21 h 30 m); assez forte: 26 avril 1863 (4 h 15 m); petite sec.: 24 janvier 1864 (sans heure); sec. assez forte: 3 janvier 1865, (5 h 30 m); 13 juillet 1876, (11 h 19 m); 14 juillet 1876, (13 h 49 m). — *Géryville*: 23 décembre 1876 (20 h 55 m). — *Kalaa*, l'Hillil: 6 mai 1887 (15 h). — *Kalaa*; *Delba*; *Thiouanet*; graves dommages, mosquée effondrée, 331 maisons détruites, 20 tués, 5 blessés; l'Hillil; *Relizane*: 29 novembre 1887, ressenti à Oran, Mascara (Q. 11), (13 h 30 m). *Relizane*, violente sec. maisons lézardées, *Mostaganem*, *Renault*, *Inkermann*, *Amni-Moussa*, *Zemzora*, etc.: fin juillet 1890. — *Géryville*: 16 mars 1892, (14 h 35 m). — *Relizane*; l'Hillil IV-V; 23 août 1904, ressenti à Oran (Q. 11), (10 h). — *Relizane* VI-VII: 21 février 1907, (15 h 07), 22 février 1907, (4 h 23 m); 9 août 1907, ressenti à Oran (Q. 11) et Teniet-el-Haad (Q. 13), (1 h 21 m).

QUADRILATÈRE 13

(35° à 36° N; 1°20' E à 2°20' E Gr.)

*Teniet-el-Haad*, les soldats de la garnison quittèrent la caserne de peur qu'elle ne s'effondre: 4 décembre 1851, (9 h 30 m). — *Matmata* (à la limite du petit désert): 22 décembre 1860, (2 h 15 m). — *Teniet-el-Haad*: 2 janvier 1867, destructeur à Mouzaïaville (Q. 4), (7 h 13 m 56 s). — *Teniet-el-Haad*, sec. légère: 7 décembre 1867, (6 h); 12 novembre 1876, (2 h 30 m); 16 juin 1886, (6 h 10 m); 7 janvier 1887, ressenti à Annale et Fort National (Q. 5), (19 h 55 m); 9 août 1907, ressenti à Oran (Q. 11) (1 h 21 m).

QUADRILATÈRE 14

(35° à 36° N; 2°20' à 3°20' E Gr.)

*Boghar*, réveil des dormeurs: 22 novembre 1853, (20 h 02 m); 3 mouvements successifs: 23 novembre 1853, (6 h 45 m); 1 mars 1863, (8 h et 9 h), légères sec.: 1 au 2 mars 1863 (dans la nuit); forte sec. avec bruit souffrait: 3 mars 1863, (4 h); légère sec.: 13 mars 1863, (3 h 30 m); 29 mars 1863, (3 h 30 m); 14 mars 1865, (2 h); 7 ou 9 juillet 1866, ressenti à Boufarik et Blida (Q. 4), (13 h 15 m), 2 janvier 1867: destructeur à Mouzaïaville (Q. 4), (7 h 13 m 56 s). — *Boghar*; *Djelja*; *Laghout*, sec. très étendue voir (Q. 4, 5, 8, 15, 17): 4 février 1867, (3 h 25 m). — *Boghar*, violente sec., horloge arrêtée, meubles renversés, maisons lézardées: 14 novembre 1910, (sans heure).

QUADRILATÈRE 15

(35° à 36° N; 3°20' à 4°20' E Gr.)

*Bou-Saada*, forte sec.; très étendue d'Alger à Batna et Laghouat, voir Q. 4, 5, 8, 14, 17: 4 février 1867, (3 h 25 m). — *Bou-Saada*: 30 janvier 1885, (9 h 30 m); 3 décembre 1885, destructeur dans le (Q. 6), (20 h 30 m). — *Bou-Saada*, violente sec. suivie d'une autre plus légère pendant la nuit: 3 janvier 1886 (17 h). — *Bou-Saada*: 7 janvier 1886 (1 h, 11 h, 16 h); 9 mars 1886, (15 h 45 m); 9 janvier 1887, (6 h 30 m); 10 janvier 1887, (4 h 00 m); 14 janvier 1892, (matin); 18 août 1895, (6 h); 21 janvier 1896, (12 h); 15 mai 1904, (23 h).

QUADRILATÈRE 16

(35° à 36° N; 4°20' à 5°20' E Gr.)

Dans le Hodna, au sondage El Anatt: 10-11 juin 1863 (nuit). — *M'Sila*: 3 décembre 1885, très forte sec., dégâts à Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6); ressenti dans les (Q. 6, 7, 15, 16, 17), (20 h 30 m); 3 janvier 1886; 4 sec. dont une assez violente. — *M'Sila*, très forte sec.: 1 juillet 1886, (15 h); 9 juillet 1886:

ressenti à Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6), (sans heure). — 9 janvier 1887 : ressenti à Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6), (matin). — Hodna occidental à M'Sila 1 forte sec. : 27 juillet 1887, (4 h 30 m). — M'Sila : 19 mai 1899, (3 h 30 m), 21 octobre 1900 (13 h).

QUADRILATÈRE 17

(35° à 36° N ; 5°20' à 6°20' E Gr.)

*Batna* : 6 octobre 1856, (18 h 45 m) ; 15 février 1858, ressentie à Lambèse (11 h 25 m). — *Biskra*, plusieurs sec., quelques lézardes aux murs, vaisselle brisée, meubles renversés, SE-NW : 27 avril 1861, (18 h). — *Batna* : 26 juin 1861, (15 h 45 m). — *Batna*, 3 sec. légères : 11 mai 1866 (21 h 45 m). — *Batna* ; *Biskra*, sec. très étendue voir (Q. 4, 5, 8, 14, 15) : 4 février 1867 (3 h 25 m). — *Batna*, chute de menus objets sur les étagères : 1 septembre 1869 (20 h 15 m). — *Gurta*, un tiers des maisons renversées ; *Thoudah* ; *Droh*, maisons endommagées ; *Sidi-Okba* ; *Seriana*, bâtiments fissurés, sommet des cloches ; *Vieux Biskra*, bâtiments militaires écroulés ; *Biskra* ; sec. verticale : 16 novembre 1869, (12 h 45 m). — *Batna*, forte sec. verticale : 16 novembre 1869, (13 h 20 m). — *Biskra*, 2 sec. violentes : 16 novembre 1869, (15 h) ; 2 sec. verticales, moins fortes que la première : 16 novembre 1869, (20 h). — *Biskra* ; *Branis* ; *Djemorah* ; *Beni-Souk* ; *Beni-Farah* : 18 novembre 1869, (4 h 00 m). — *Biskra* ; forts roulements : 19 novembre 1869, (3 h 00 m). — *Biskra* ; *El Hebbab*, plusieurs maisons sont tombées, éboulements de falaises ; *Biskra* et oasis voisins (*Seriana* ; *Sidi-Okba*, *Gurta Thouda* ; *Droh* ; *Mechounech* ; *Branis* ; *Djemorah* ; *Beni-Souk* ; *Beni-Farah*) ; *Batna*, quelques lézardes : 19 novembre 1869, (7 h 13 m). — *Batna*, nouvelles sec., quelques légères lézardes : 19 novembre 1869, (7 h 25 m). — *Biskra* : 20 novembre 1869, (1 h, 4 h).

Les secousses ont continué faibles jusqu'au 28 novembre dans un rayon de 30 km autour de *Biskra*, on compte 200 maisons à terre ; 30 tués et un grand nombre de blessés.

*Batna* : 30 juin 1875, (13 h 50 m). — *N' Gaous*, au douar des Ouled-Bou-Adjina, 3 maisons indigènes se sont écroulées. Affaissement du sol sur une longueur de 100 m et une largeur de 6 m produisant une crevasse de 8 m de profondeur : 16-17 janvier 1885 (nuit). — *N' Gaous* ; *Bou-Saada* : 30 janvier 1885, ressenti à Bougie ; Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6) ; *Selij* (Q. 7), (9 h 30 m). — *Batna* : 3 décembre 1885, destructeur à Bordj-Bou-Arréridj (Q. 6), ressenti dans les (Q. 7, 15, 16, 17) (20 h 30 m). — *Biskra* : 16 avril 1889 (sans heure). — *N' Gaous*, forte sec. : 28 décembre 1892 (23 h 45 m). — *Batna* ; *Ain-el-Ksar* : 12 décembre 1904, ressenti à El Mahder (Q. 18), (9 h 51 m).

QUADRILATÈRE 18

(35° à 36° N ; 6°20' à 7°20' E Gr.)

*El-Mahder* : 12 décembre 1904, ressenti à *Batna* et *Ain-el-Ksar* (Q. 17), (9 h 51 m).

QUADRILATÈRE 19

(35° à 36° N ; 7°20' à 8°20' E Gr.)

*Ain-Baida* : 27 août 1859, (21 h 30 m).



# Etude de la magnitude des séismes <sup>(1)</sup>

PAR E. PETERSCHMITT

Assistant à l'Université de Strasbourg, Chef de la Station Sismologique

## La notion de magnitude.

La sismométrie précise, c'est-à-dire le calcul du mouvement du sol d'après les inscriptions instrumentales, est née il y a déjà près de 40 ans ; aussi est-il dès l'abord curieux de constater qu'il ait fallu attendre 1935 pour que soit créée la notion de *magnitude*. Cette grandeur — micro-sismique — indépendante de l'intensité macrosismique déduite des sensations humaines, sert à classer les séismes d'après leur importance.

Richter en a donné la définition suivante : la magnitude d'un séisme est le logarithme de l'amplitude maximum exprimée en microns ( $\mu$ ) inscrite par un sismographe à torsion (Wood-Anderson) dans les conditions standard de fonctionnement ( $T_0 = 0,8$  sec.,  $V_0 = 2800$ ,  $h = 0,8$ ), la distance à l'épicentre étant de 100 kilomètres. (4).

Depuis cette époque un certain nombre de travaux ont été publiés, principalement par Gutenberg et Richter (Institut de Technologie de Pasadena). La notion de magnitude qui au début pouvait uniquement, d'après sa définition même, être calculée pour les séismes de Californie, a pu être étendue à des tremblements de terre de n'importe quelle région du globe ; le développement des travaux a par ailleurs permis d'utiliser pour le calcul non seulement les ondes longues et les maxima mais aussi les ondes préliminaires. On peut même aujourd'hui définir la magnitude des séismes profonds. Dans mon travail je me suis borné aux séismes dits « normaux » c'est-à-dire à ceux dont l'hypocentre se trouve à une profondeur de 10 à 40 kilomètres.

Si l'étude de la magnitude des séismes a été si tardive, cela tient surtout à la diversité des influences qui entrent en jeu ; les plus importantes sont la distance, le mécanisme de production au foyer et la constitution géologique à son voisinage qui peuvent conduire à une répartition azimutale de l'énergie, la profondeur hypocentrale, le sous-sol de la station et le chemin parcouru par l'onde.

L'équation fondamentale indiquée par Gutenberg s'écrit :

$$M = \log A - \log B + C + D \quad (I)$$

où  $M$  est la magnitude ;  $A$ , la composante horizontale du mouvement du sol exprimée en microns et se rapportant aux ondes superficielles d'une période de 20 secondes environ ;  $B$  est une fonction qui dépend de la distance épacentrale ;  $C$ , coefficient constant pour une station déterminée ;  $D$ , un coefficient qui caractérise chaque séisme. (5).

Dans l'intervalle des distances de 15° à 130°,  $\log B$  est représenté de façon satisfaisante par l'équation :

$$- \log B = 1,818 + 1,656 \log \Delta \quad (II)$$

## Calcul de la magnitude par les enregistrements de Strasbourg.

Il m'a paru intéressant de rechercher si, pour les enregistrements de Strasbourg, la fonction  $\log B$  avait une forme voisine de celle indiquée par Gutenberg. Pour cela j'ai cherché à établir l'équation reliant  $M - \log A_1$  et  $\log \Delta_1$ , les valeurs de  $M$  étant celles indiquées par Gutenberg et Richter, les valeurs de  $\log A_1$  et  $\log \Delta_1$  se rapportant aux inscriptions et aux distances épacentrales de Strasbourg. J'ai utilisé les données de 267 séismes s'étendant sur la période 1919-1939, les valeurs de la magnitude étant tirées de l'ouvrage « Seismicity of the Earth » (6) et sur la période 1947-1948, les valeurs de la magnitude étant celles indiquées dans le « Seismological Laboratory Bulletin » de Pasadena.

(1) Au 73<sup>e</sup> Congrès des Sociétés Savantes, tenu à Strasbourg en avril 1947, j'avais présenté un mémoire provisoire. En vue de la publication actuelle j'ai revu complètement ce premier travail et j'ai ainsi amené à modifier un certain nombre de formules calculées précédemment.

Par principe on pose que pour l'ensemble des 267 séismes  $\Sigma D = 0$ . La représentation graphique de  $M - \log A_1$  en fonction de  $\log \Delta_1$  (fig. 1) fait apparaître la dispersion des mesures. On voit que, si les points s'alignent grossièrement le long d'une droite, les écarts à la moyenne sont souvent importants.

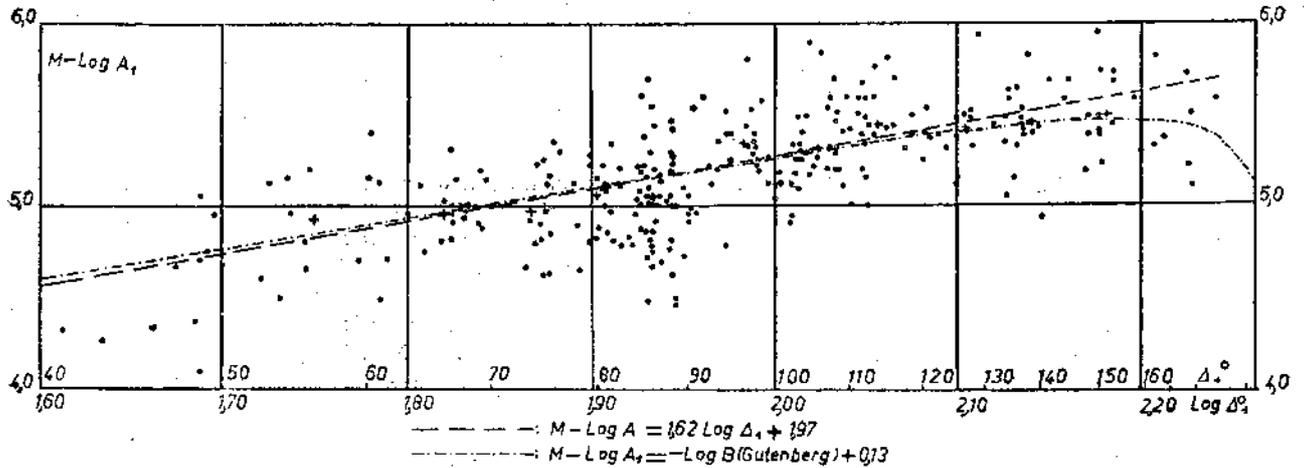


FIG. 1. — Valeurs de  $M - \log A_1$  pour Strasbourg en fonction de la distance

L'équation de la droite moyenne sera de la forme :

$$M - \log A_1 = a \log \Delta_1 + b \quad (\text{III})$$

En comparant (III) avec l'équation fondamentale (I), et puisqu'on a posé  $\Sigma D = 0$ , il vient :

$$-\log B + C = a \log \Delta_1 + b$$

le terme C sera donc inclus dans le terme b.

Le seul procédé correct pour la détermination des coefficients a et b consisterait à appliquer la méthode des moindres carrés à l'ensemble des couples de valeurs  $M - \log A_1, \log \Delta_1$ . Etant donnée la dispersion des valeurs il m'a semblé qu'il était possible de réduire la longueur des calculs en remplaçant l'ensemble des couples par un groupe plus restreint de nombres. Graphiquement cette opération consiste à remplacer un certain nombre de points par leur centre de gravité. J'ai divisé l'intervalle  $\log \Delta_1$  compris entre 1,70 et 2,20 en 11 intervalles partiels et j'ai calculé le centre de gravité des points contenus dans chacun de ces intervalles. On obtient le tableau suivant

**Tableau I**

$\log \Delta_1$ compris entre	$M - \log A_1$ moyenne	$\log \Delta_1$ moyenne	Nombre d'observations
1,70 — 1,80	4,924	1,758	12
1,80 — 1,84	4,949	1,820	11
1,84 — 1,88	4,976	1,886	20
1,88 — 1,92	5,051	1,904	21
1,92 — 1,96	5,042	1,937	58
1,96 — 2,00	5,334	1,980	24
2,00 — 2,04	5,290	2,023	32
2,04 — 2,08	5,454	2,053	25
2,08 — 2,12	5,407	2,098	15
2,12 — 2,16	5,461	2,136	17
2,16 — 2,20	5,507	2,179	12

La résolution par la méthode de Gauss de ce système de 11 équations conduit, en tenant compte du nombre des observations, aux valeurs suivantes des coefficients a et b :

$$a = 1,62 \pm 0,04 ; \quad b = 1,97 \pm 0,06$$

D'où :

$$M = \log A_1 + 1,62 \log \Delta_1 + 1,97 + D \quad (\text{IV})$$

En comparant l'équation (IV) aux deux équations (I) et (II) on constate que le coefficient de  $\log \Delta_1$  est, aux erreurs près, identique à celui de Gutenberg :  $1,62 + 0,04$  au lieu de 1,656. D'autre part les facteurs constants (1,97 et 1,818) sont voisins ; la différence (+0,15) entre ces deux termes fournit une première valeur du coefficient C de sous-sol de la station de Strasbourg. Devant ces résultats on peut affirmer que l'équation proposée par Gutenberg a une valeur générale. Cette équation n'étant valable que dans l'intervalle de distance  $15^\circ - 130^\circ$ , Gutenberg a donné en outre un tableau de valeurs de  $-\log B$  pour des distances allant de  $20^\circ$  à  $180^\circ$ . (5, p. 7). Dans la suite des calculs j'ai fait complètement abstraction de l'équation (IV) et je me suis uniquement servi de ce tableau (1).

On peut maintenant essayer de déterminer une meilleure valeur du coefficient de sous-sol C de la station de Strasbourg. En faisant la somme de toutes les valeurs  $D_1 = M - \log A_1 - \log B$  on trouve que pour les 267 séismes utilisés :  $\Sigma D = +33,64$ .

Comme on doit avoir :  $\Sigma D = 0$  (équation 1), on en déduit :

$$C = +0,13$$

Le même calcul a été appliqué à quelques données de stations européennes. On trouve les résultats suivants :

Stuttgart :  $C = +0,10$ , (-0,08) ; Paris :  $C = +0,10$  ; Uccle :  $C = +0,18$ , (-0,04) ; De Bilt :  $C = -0,07$ , (-0,17) ; Kew :  $C = +0,18$ , (-0,09) ;

Entre parenthèses figurent les valeurs déterminées par Gutenberg (5).

Le tableau 2 donne pour 46 séismes s'étendant sur la période 1933-1937 l'ensemble des résultats relatifs aux stations indiquées. Ce tableau a été calculé en utilisant les valeurs des coefficients C déterminés à Strasbourg.

Si on fait la somme des valeurs de D pour les différentes stations on trouve (en dixièmes d'unité de magnitude) :

Strasbourg :  $\Sigma D = +5$  ; Stuttgart :  $\Sigma D = +23$  ; Paris :  $\Sigma D = +1$  ; Uccle :  $\Sigma D = -7$  ; Kew :  $\Sigma D = -5$  ; De Bilt :  $\Sigma D = +3$ .

Si par contre on utilise les valeurs des coefficients C déterminés par Gutenberg on trouve les sommes suivantes :

Stuttgart :  $\Sigma D = -69$  ; Uccle :  $\Sigma D = -77$  ; Kew :  $\Sigma D = -111$  ; De Bilt :  $\Sigma D = -41$ .

L'étude de ce tableau montre qu'en général les valeurs de D déterminées en partant des données des diverses stations européennes sont assez concordantes. La moyenne des écarts maxima est de 3 dixièmes d'unité de magnitude.

(1) D. Di Filippo et L. Marcelli, auxquels j'avais communiqué mon mémoire préliminaire, ont recherché d'une façon analogue la formule donnant la magnitude d'un séisme en fonction des amplitudes inscrites à Rome (10). Ces auteurs ont obtenu :

$$M = \log A_1 + 1,526 \log \Delta^\circ + 2,439$$

Ici encore la valeur du coefficient de  $\log \Delta$  est voisine de celle indiquée par Gutenberg. Le coefficient C pour Rome doit être voisin de +0,4.

A. Zatopek, dans un travail encore inédit, a également établi une formule relative à la station de Prague.

**Tableau 2**

M : Magnitude indiquée par Pasadena; Δ distance épacentrale de Strasbourg; A : amplitude du mouvement du sol inscrit à Strasbourg en microns; D exprimé en dixième d'unité; Stg : Strasbourg; Stt : Stuttgart; Pa : Paris; Uc : Uccle; D. B. : De Bilt; Moy : Moyenne

DATE	RÉGION EPICENTRALE	M	Δ degrés	A Stg	D Stg	D Stt	D Pa	D Uc.	D Kew	D D. B.	D Moy.
21.1 1933	Océan Indien.	7,0	93	62	0	+1	-1	-1	-1	+1	0
23.2	Nord du Chili.	7,6	98	110	+3	+1	+3	+3	+2	+3	+2
27.4	Alaska.	7,0	67	120	0	+3	+2	+3	-	+1	+2
18.6	Japon.	7,3	90	220	-2	0	-5	-3	-3	-4	-3
24.6	Sumatra.	7,5	99	170	0	+3	-1	-1	-1	+1	0
25.8	Chine.	7,4	70	250	0	-3	+1	+4	-	+1	+1
28.8	Iles Sandwich.	7,4	112	170	-2	+1	+3	0	-1	-1	0
20.11	Baie de Baffin.	7,3	41	940	-3	-2	-1	0	-	-1	-2
14.2 1934	Formose.	7,6	90	465	-2	0	+1	-1	-	-2	0
24.2	Mariannes.	7,3	97	95	+1	+1	+2	-1	0	+1	+1
28.2	Nouvelle Guinée.	7,2	126	50	+1	-1	-1	-2	-1	-1	-1
5.3	Nouvelle Zélande.	7,5	168	90	+1	0	-1	-2	-1	0	0
24.9	Iles Salomons.	7,1	136	45	0	+1	-1	0	0	+1	0
15.4	Mindanao.	7,3	103	110	0	0	+1	-2	-1	0	0
18.7	Panama.	7,7	84	500	-1	+3	+2	+2	+3	0	+1
21.7	Pacifique Sud.	7,3	138	70	0	0	0	-	0	-2	0
30.11	Au large du Mexique.	7,0	90	110	-2	-1	0	0	-1	-1	-1
15.12	Thibet.	7,1	61	250	-2	0	-2	-3	-2	-3	-2
31.12	Californie méridionale.	7,0	85	185	-4	-2	-3	-3	-3	-3	-3
3.8 1935	Sumatra.	7,0	86	100	-1	+3	-2	-1	-1	+1	0
4.9	Formose.	7,2	88	90	+1	-1	+2	-1	0	-1	0
11.9	Nord du Japon.	7,6	81	180	+2	+3	-1	+1	+1	+1	+1
20.9	Nouvelle Guinée (02 <sup>b</sup> )	7,9	120	225	+2	0	-2	0	+2	+1	0
20.9	Nouvelle Guinée (06 <sup>b</sup> )	7,0	120	41	0	-1	-1	-	-2	-2	-1
18.10	Nord du Japon.	7,2	82	100	+1	-1	-1	0	-1	-2	0
14.12	Mexique	7,3	85	100	+2	+1	-1	0	-1	+2	0
15.12	Iles Salomon.	7,6	136	130	0	0	+1	-	-	0	0
17.12	Formose.	7,2	90	140	-1	+1	-1	-3	0	-4	-1
28.12	Sumatra.	7,9	90	225	+4	+4	+2	+4	-	+3	+4
15.2 1936	Nouvelle Guinée.	7,3	116	60	+2	0	+2	-1	0	+1	+1
1.4	Mer des Célèbes.	7,7	99	380	-1	+1	+1	-1	0	0	0
19.4	Iles Salomon.	7,4	131	90	0	+2	+1	0	+1	+1	+1
27.7	Himalaya Sud.	7,0	60	70	+3	+2	+2	+3	0	-1	+2
30.6	Kamtchatka	7,4	78	320	-2	0	+1	+1	+2	+4	+2
13.6	Chili	7,3	101	150	-1	-1	-2	-	-2	-1	-1
22.8	Formose.	7,2	87	55	+3	-3	0	-2	-3	-1	-2
23.8	Sumatra.	7,3	84	50	+5	+5	+7	-	+5	+6	+5
19.9	Sumatra.	7,2	87	60	+3	+5	-	+1	+2	+3	+3
5.10	Moluques.	7,1	108	60	0	+1	-1	0	0	+1	0
2.11	Japon.	7,3	84	120	+1	+2	-1	0	+1	-3	0
13.11	Kamtchatka.	7,2	74	180	-2	0	+1	-	0	+1	0
7.1 1937	Alaska.	7,3	64	700	-3	-2	-1	0	-	+2	-1
22.7	Alaska.	7,3	62	150	+2	+3	0	+2	+2	+3	+2
20.8	Philippines.	7,5	94	525	-4	-3	-4	-	-	-3	-3
8.12	Formose.	7,0	87	90	-1	-3	+1	-	-	-3	-1
23.12	Mexique.	7,5	88	200	0	0	-2	-	-2	+2	0

Par ailleurs il est intéressant d'examiner la répartition statistique des valeurs D pour l'ensemble des 267 séismes utilisés pour la station de Strasbourg. On a :

D	inférieur à -5	-5 à -3	-3 à -1	-1 à +1	+1 à +3	+3 à +5	supérieur à +5
Nombre	8	25	61	91	56	20	7

D'autre part l'erreur quadratique moyenne sur D est  $\pm 0,23$ . On voit ainsi qu'il est impossible pour le moment d'espérer une concordance absolue entre les différentes valeurs des magnitudes. Il ne faut pas s'attacher aux petites divergences. Il est certain que le calcul de la magnitude sur la base de l'amplitude horizontale maxima inscrite est par trop sommaire. On sait que certaines inscriptions présentent un nombre limité de trains d'ondes (par exemple séisme de Chine, 17 mars 1947 à 08 h. 19 m.) ; d'autres par contre font apparaître un grand nombre de trains d'amplitude équivalente (par exemple le séisme destructeur de Saint-Domingue du 4 août 1946). Des séismes appartenant respectivement à ces deux types peuvent présenter en une station donnée des amplitudes horizontales équivalentes. Si de plus les distances sont voisines, les magnitudes calculées seront les mêmes. Or il semble a priori que les énergies mises en jeu sont très différentes et il devrait par conséquent en être de même pour les magnitudes. Il est probable qu'il sera nécessaire de modifier les modes de calcul, par exemple en faisant une sommation de l'ensemble des mouvements du sol inscrits. (1)

#### Répartition géographique des valeurs de D.

Gutenberg a tracé une carte des valeurs de — D d'après les enregistrements des stations californiennes. Un fait très net avait été mis en évidence : les ondes superficielles provenant du Japon et des Aléoutiennes d'une part, de l'Equateur et du Pérou d'autre part, parviennent avec des amplitudes 6 à 7 fois trop faibles. Il s'est donc produit une absorption plus importante que d'habitude. D'après Gutenberg les ondes cheminant au voisinage de la limite des blocs continentaux et océaniques se seraient dans leur parcours réfractées plusieurs fois à la surface de séparation de ces blocs. En dehors de ce cas spécial le trajet des ondes paraît n'avoir que peu d'importance. C'est bien ce que révèle la répartition géographique des valeurs de D calculées pour Strasbourg. Il y a peu de conclusions à tirer de l'examen de la carte dessinée à Strasbourg. Les séismes originaires de l'Himalaya se distinguent par leurs faibles valeurs de D (inférieure à  $\pm 2$ ). Les séismes d'Amérique centrale paraissent obéir à une répartition géographique assez nette. Toutes les valeurs de D sont nulles ou négatives (de 0 à -4) à l'exception de 3 correspondant à des séismes situés dans le Honduras et le Nicaragua ( $D = +1, +2, +2$ ).

L'examen du tableau 2 montre que pour la région de Sumatra il semble exister deux catégories de séismes : les ondes superficielles des uns paraissent parvenir de façon normale aux stations européennes (D voisin de 0), les amplitudes des ondes superficielles des autres sont 2 à 6 fois trop faibles ( $D = +5$ ). Le tableau 3 donne la liste de tous les séismes originaires de cette région qui ont présenté en Europe des inscriptions suffisamment nettes.

(1) Je considère dans ce mémoire uniquement les amplitudes des ondes superficielles et non celles des ondes préliminaires utilisées également par B. Gutenberg et C.-F. Richter pour le calcul de la magnitude.

**Tableau 3**

Abréviations.  $\varphi$ : latitude;  $\lambda$ : longitude; M: magnitudes calculées; Pas.: Pasadena; Stg.: Strasbourg; Sit.: Stuttgart; Pa.: Paris; Uc.: Uccle; D. B.: De Bilt; M moy.: moyenne des stations européennes; D moy.: Différence de M Pas — M moy.

Date	$\varphi$	$\lambda$	M Pas.	M Stg.	M Sit.	M Pa.	M Uc.	M D.B.	M Kew	M moy.	D moy.
1. 4.21	2° N	97° E	6 3/4	6,3	—	6,2	6,6	—	—	6 1/2	1/4
28. 6.26 (3 h.)	1 1/2 S	99 1/2 E	6 3/4	6,6	—	6,0	6,6	6,3	—	6 1/4	1/2
28. 6.26 (6 h.)	1 S	99 1/2 E	6 1/2	6,2	—	6,1	6,3	6,2	—	6 1/4	1/4
1. 7.26	2 1/2 S	101 E	6 3/4	6,4	—	6,2	6,6	6,5	—	6 1/2	1/4
9. 12.29	4 1/2 N	94 1/2 E	6 3/4	—	—	6,5	—	6,5	—	6 1/2	1/4
10. 2.31	5 1/4 S	102 1/2 E	7,1	6,8	—	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	0,1
12. 2.31	5 1/4 S	102 1/2 E	6 1/2	—	—	6,4	—	6,4	—	6 1/2	0
14. 2.31	5 1/4 S	102 1/2 E	6 1/2	—	—	6,6	—	6,5	—	6 1/2	0
25. 9.31 (6 h.)	5 S	102 3/4 E	7,4	7,4	—	7,3	7,5	7,6	7,5	7,5	-0,1
24. 6.33	5 1/2 S	102 3/4 E	7,5	7,5	7,2	7,6	7,5	7,5	7,6	7,5	0,0
21. 8.34	0	98 E	6 1/4	—	—	—	—	5,9	5,9	6	1/4
3. 8.35	4 1/2 N	96 1/4 E	7,0	7,1	6,7	7,2	7,1	6,9	7,1	7,0	0,0
23. 8.35	4 1/4 S	102 E	6 1/2	—	—	5,8	—	6,1	—	6	1/2
2. 1.36	0	99 1/2 E	7,0	—	—	6,3	—	6,3	6,4	6,3	3/4
19. 4.36	10 1/2 N	93 E	6 1/2	—	—	6,2	—	6,4	6,4	6 1/4	1/4
23. 8.36	5 N	95 E	7,3	6,8	6,8	6,6	6,8	6,7	6,8	6,7	0,6
19. 9.36	3 3/4 N	97 1/2 E	7,2	6,9	6,7	—	7,1	6,9	7,0	6,9	0,3

La figure 2 reproduit les données de ce tableau.

Les séismes originaux de la zone active Sud sont inscrits normalement en Europe. Par contre les séismes des zones médianes et septentrionales présentent des amplitudes trop faibles. A si-

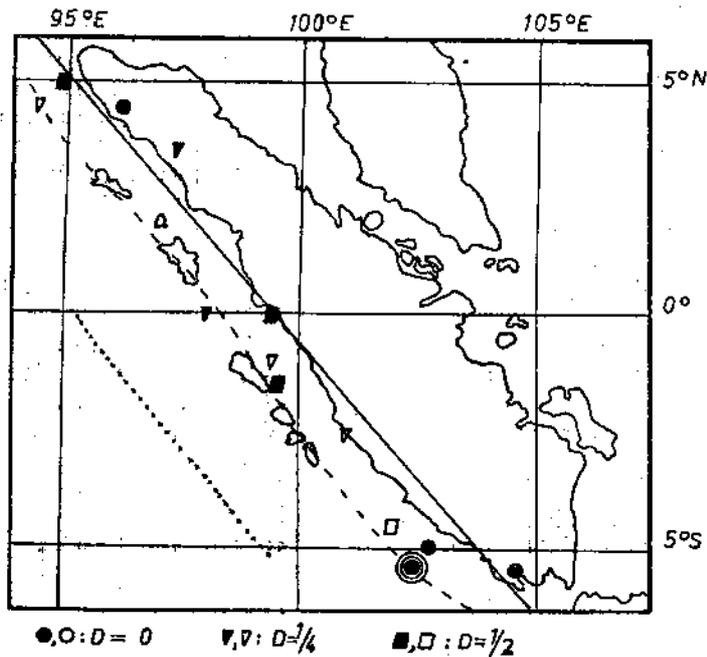


Fig. 2. — Sismicité de Sumatra (tremblements de terre normaux)  
Répartition géographique des valeurs de D.

gnaler cependant dans cette répartition deux exceptions: le séisme du 23 août 1935 (4°1/4 S, 102° E, D=1/2) et le séisme du 3 août 1935 (4°1/2 N, 96°1/4 E, D=0).

La répartition géographique des valeurs nulles ou faibles de D et des valeurs positives importantes par rapport aux trois courbes tracées sur la figure 2 (ligne d'égal azimut, axes d'anomalies

gravimétriques) exclut d'une part l'influence du trajet de l'onde et d'autre part l'influence de la position du séisme par rapport à la constitution générale des arcs séismiques. (9, p. 28 et 29).

On est amené à penser que en dehors des grandes divisions structurales actuellement admises certaines régions présentent encore d'autres hétérogénéités de structure plus locales; il est possible aussi que dans des zones séismiques particulières l'énergie émise au foyer varie notablement suivant la direction.

Je me propose d'étudier ultérieurement pour quelques séismes caractérisés la répartition du facteur D dans les différents azimuts.

### Magnitude et intensité macroséismique des secousses du Jura Souabe.

Il n'est pas inutile, afin de montrer la difficulté du travail, de se rendre compte du phénomène dans un cas particulièrement simple. Le Jura Souabe a été le siège, au cours de l'année 1943 d'une série de secousses dont les deux plus importantes, les 2 et 28 mai, ont atteint respectivement les degrés VII et VIII de l'échelle des intensités macroséismiques. Outre ces deux séismes principaux, un grand nombre de répliques ont été inscrites par les stations du service sismologique du Wurtemberg (Stuttgart, Ravensburg, Messtetten), par les stations suisses et par Strasbourg. La comparaison des heures d'arrivée des ondes Pg et Sg aux différentes stations permet d'affirmer de façon certaine qu'aux erreurs de mesure près tous les séismes sont originaires d'un même hypocentre qui, en accord avec les données macroséismiques, est situé sous le triangle Hechingen, Ebingen, Balingen vers 48°12' N, 9°02' E et à une profondeur de 10 à 15 kilomètres. J'ai effectué les mesures d'amplitudes en particulier sur les inscriptions données par le grand pendule de 17 tonnes de Stuttgart. La période des ondes était toujours comprise entre 0,5 et 1 seconde; le grandissement de l'appareil varie pour ces périodes entre 1900 et 2200 de sorte que j'ai pris pour valeur moyenne 2000. J'ai essayé de comparer l'intensité macroséismique à l'épicentre  $I_0$  avec le logarithme de l'amplitude maximum ( $\alpha$ ) du mouvement du sol inscrit à Stuttgart. Le tableau suivant donne une idée exacte de la divergence entre les différentes mesures :

$$I_0 = 8; \log \alpha = 2,80$$

$$I_0 = 7; \log \alpha = 2,15$$

$$I_0 = 6\frac{1}{2}; \log \alpha = 1,70$$

$$I_0 = 6 \text{ à } 6\frac{1}{4}; \log \alpha = 1,11; 1,10; 1,21; 1,25$$

$$I_0 = 5\frac{1}{4} \text{ à } 5\frac{1}{2}; \log \alpha = 0,70; 0,75$$

$$I_0 = 4 \text{ à } 5; \log \alpha = 1,32; 1,46; 1,55; 1,63; 1,60; 1,74; 1,85; 0,18; 0,25; 0,40; 0,55.$$

Pour  $I_0$  compris entre 4 et 5, l'intervalle de variation de  $I_0$  étant assez grand, il n'est pas étonnant que les variations de  $\log \alpha$  soient importantes. Malgré ces variations il est remarquable de constater que si on prend la moyenne des résultats (pour  $I_0 = 4,5$  on a  $\log \alpha = 1,83$ ) on peut tracer une droite bien définie qui rend compte de toutes les valeurs de  $I_0$  en fonction de  $\log \alpha$ . On a :

$$I_0 = 1,2 \log \alpha + 4,7 = 1,2 \log \beta + 4,5$$

$\alpha$  = amplitude du sol en microns

$\beta$  = amplitude maxima inscrite par le séismographe (mm)

On peut essayer de relier les valeurs de  $\beta$  à la définition de la magnitude donnée au début de ce mémoire. On trouve en tenant compte de la différence des appareils et de la distance épicentrale de Stuttgart ( $\Delta = 56$  km) la relation :

$$M = \log \beta + 2,87$$

d'où l'équation liant  $I_0$  à M :

$$M = 0,8 I_0 - 0,9$$

Or Gutenberg et Richter (4) ont donné la formule suivante :

$$M = 0,6 I_0 + 1,3$$

Ces deux formules sont notablement différentes, surtout en ce qui concerne le coefficient de  $I_0$ . Si on voulait obtenir la valeur 0,6 il faudrait que la relation liant  $I_0$  à  $\alpha$  soit de la forme  $I_0 = 1,66 \log \beta + \text{constante}$ , formule qui est incompatible avec les données fournies par l'essai

de séismes du Jura Souabe en 1943. Il reste encore à signaler que les 4 valeurs obtenues à Ravensburg s'accordent très bien avec celles de Stuttgart.

De la divergence constatée entre la formule établie par Gutenberg et Richter et celle à laquelle m'a conduit l'étude régionale ci-dessus il ne faudrait pas tirer argument contre la notion de magnitude. Cette notion nous permet de classer les régions du globe non seulement d'après la magnitude absolue des séismes qui les ébranlent, ainsi que l'ont fait Gutenberg et Richter, mais aussi d'après les écarts à la moyenne générale. La première répartition donne des renseignements précieux sur l'activité tectonique générale du globe, la deuxième permettra sans doute, quand les méthodes seront plus précises, d'accroître nos connaissances sur la géologie régionale profonde de la terre.

### Bibliographie

1. — RICHTER (C.F.). — An instrumental earthquake magnitude scale, *Bull. Seismological Society of America*, Vol. 25, pp. 1-32, 1935.
2. — GUTENBERG (B.) and RICHTER (C.F.). — On seismic waves (Third paper), *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Vol. 27, pp. 73-131, (particulièrement pp. 113-126), 1936.
3. — GUTENBERG (B.) and RICHTER (C.F.). — Magnitude and energy of earthquakes, *Science*, T. 83, pp. 183-185, 1936.
4. — GUTENBERG (B.) and RICHTER (C.F.). — Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, *Bull. Seismological Society of America*, Vol. 39, pp. 162-191, 1942.
5. — GUTENBERG (B.). — Amplitudes of surface waves and magnitudes of shallow earthquakes, *Bull. Seismological Society of America*, Vol. 35, pp. 3-12, 1945.
6. — GUTENBERG (B.). — Amplitudes of P, PP and S and magnitudes of shallow earthquakes, *Bull. Seismological Society of America*, Vol. 35, pp. 57-69, 1945.
7. — GUTENBERG (B.). — Magnitude determination for deep-focus earthquakes, *Bull. Seismological Society of America*, Vol. 35, pp. 117-130, 1945.
8. — PETERSCHMITT (E.). — La magnitude des séismes, Comptes-rendus des séances de la conférence réunie à Strasbourg du 4 au 8 juillet 1947, Union géodésique et géophysique internationale, Association de Séismologie, Strasbourg, 1948.
9. — GUTENBERG (B.) and RICHTER (C.F.). — Seismicity of the Earth and associated Phenomena, Princeton University Press, New Jersey, U.S.A., 1949.
10. — DI FILIPPO (D.) e MARCELLI (L.). — La magnitudo dei terremoti e la sua determinazione nelle stazioni sismica di Roma, *Annali di Geofisica*, T. 2, N° 4, pp. 486-492, 1949.

# Etude sur les propriétés magnétiques des coulées de lave

## Application à la détermination des thalwegs souterrains

par Louis GODARD

Résumé du mémoire de thèse soutenue le 16 février 1950 devant la Faculté des Sciences de Strasbourg

### Introduction.

C'est à la suite des travaux du savant italien Giuseppe Folgheraiter sur l'aimantation permanente des vases d'argile cuite, que Brunhes et David (1) (2) étudiaient à l'Observatoire du Puy de Dôme l'aimantation des bancs d'argile du pliocène supérieur recouverts par les laves, et qu'ils furent amenés à étendre leurs travaux aux laves mêmes. Moureaux, puis Mathias (3), en établissant le réseau magnétique français, mettaient en évidence les anomalies variées du Massif Central. Coulomb (4), en 1932, montrait, en particulier pour le Puy de Dôme, l'existence d'un champ perturbateur, la superposition d'une anomalie locale à une anomalie régionale et la variation de cette anomalie dans le temps.

Après les importantes contributions apportées par les travaux de J. Rothé (5) sur les formations volcaniques ou sédimentaires, de Thellier (6), de Grenet (7) sur l'aimantation permanente des laves, j'ai effectué des études géophysiques sur les coulées volcaniques du massif des Dômes. La prospection a porté, dans le Puy-de-Dôme, sur les vallées fossiles d'Argnat, de Louchadière, de Riamaux, d'Aydat, de Coyssat. Pour chacune, j'ai effectué des séries de mesures des composantes du champ magnétique suivant des profils sensiblement perpendiculaires aux directions des coulées, ce qui permettait, à la fois de tracer les isanomales et de considérer, pour les interprétations, des sections droites de structures cylindriques infiniment longues.

La première partie de ce travail se rapporte au calcul des anomalies magnétiques créées par des structures cylindriques. Par des procédés différents, je précise certains résultats énoncés par Haalck (8).

La seconde partie comprend une interprétation des résultats des mesures effectuées sur différentes coulées de la chaîne des Dômes en mettant en évidence l'aimantation générale et les possibilités de détermination du substratum gneissique ou granitique.

J'ai effectué ces études sous la haute direction de M. J.P. Rothé, qui a bien voulu me prodiguer les conseils et les encouragements les plus sârs. Je lui en exprime ma gratitude et ma profonde reconnaissance.

Je remercie particulièrement MM. Coulomb, Directeur de l'Institut de Physique du Globe de Paris et Thellier, Professeur à ce même Institut qui m'ont apporté l'appui de leur haute compétence.

J'ai toujours trouvé l'accueil le plus chaleureux à l'Observatoire du Puy-de-Dôme pour l'examen en laboratoire des échantillons. Les conseils et l'amitié dont m'honore son Directeur, M. Dessens, m'ont permis de surmonter de nombreuses difficultés.

Que tous veuillent bien trouver ici l'assurance de mes remerciements les plus chaleureux.

### I. - Calcul des anomalies magnétiques dues à des structures cylindriques

Que peut-on déduire des anomalies du champ magnétique terrestre quant à la profondeur et à la forme des masses perturbantes? Telle est la question que se pose le géophysicien. Pour y répondre, différentes méthodes ont été utilisées. Je rappellerai, à cet égard, les publications de Nippoldt (9), de Haalck (8) et plus récemment celles de Vestine et Davids (10), de Taylor (11), Kogbelliantz (12), Wantland (13), W. M. Jones (14), Ivan de Magnée et Pierre Evrard

(15). Toutes ces méthodes supposent une magnétisation uniforme ; elles éliminent, sur les limites des masses, les irrégularités qui ne peuvent être définies géométriquement et s'appliquent aux formes géométriques les plus simples.

Je suppose également des masses homogènes et une magnétisation homogène, appliquées à des cylindres perturbants très longs par rapport à leurs sections droites. Je néglige le champ démagnétisant en se considérant que des corps peu magnétiques, ce qui est le cas des laves.

Ainsi, en considérant dans une coulée de lave autour du point M un élément de volume  $dv$ , dont le moment magnétique est  $dM$  ; l'intensité d'aimantation

$$\vec{J} = \frac{dM}{dv}$$

représente une aimantation permanente ou une aimantation induite, ou la somme des deux, ou la manifestation d'un phénomène plus complexe.

S étant une section plane d'une coulée et  $o, x, y, z$  un trièdre de référence où :

$oz$  est la verticale dirigée vers le centre de la terre

$ox$  est situé dans le plan de la section

$oy$  orienté de telle façon qu'un observateur étant placé sur  $oz$  la tête en haut, doit tourner de droite à gauche pour appliquer  $ox$  sur  $oy$ .

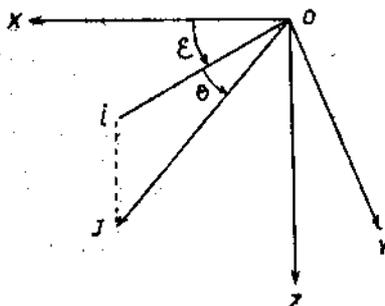
$Oi$  la projection orthogonale du vecteur  $\vec{J}$  sur le plan  $xoy$ .

Désignons par :

$\theta$  l'angle  $(Oi, OJ)$

$\varepsilon$  l'angle  $(Ox, Oi)$

$J$  la valeur de l'intensité d'aimantation. (fig. 1).



Les composantes de  $\vec{J}$  suivant les axes seront :

$$X = J \cos \theta \cos \varepsilon$$

$$Y = J \cos \theta \sin \varepsilon$$

$$Z = J \sin \theta$$

On démontre que les composantes  $X_a$  et  $Z_a$  de l'anomalie produite par la masse perturbante en un point A  $(a, 0, c)$  du plan  $xoz$  sont données par l'une ou l'autre des intégrales complexes.

$$X_a - iZ_a = -2J (P + iQ) \iint_S \frac{dx dz}{[(x-a) + i(z-c)]^2}$$

$$X_a - iZ_a = -2J (P + iQ) \int_C \frac{dz}{(x-a) + i(z-c)}$$

$$\text{où } P = \cos \theta \cos \varepsilon$$

$$Q = \sin \theta$$

et où C est le contour limitant la section S.

Lorsque la section S est un cercle ou un rectangle les intégrations sont possibles ; elles conduisent à un catalogue de courbes et à une série de relations entre  $X_a$  et  $Z_a$  permettant de déterminer les profondeurs des masses perturbantes.

Si la section S est quelconque, l'interprétation des résultats peut s'effectuer en utilisant les abaques à mailles, selon un procédé utilisé par Numeroff (16) en gravimétrie.

L'intégrale

$$X_s - iZ_s = 2J \iint_S \frac{P + iQ}{[(x-a) + i(z-c)]^2} dx dz$$

s'écrit :

$$X_s - iZ_s = 2J (P + iQ) \iint_S \frac{dr d\alpha}{r^3 2i\alpha}$$

en posant

$$x = r \cos \alpha$$

$$z = r \sin \alpha$$

Il est alors possible de tracer dans le plan xoz une série de cercles concentriques et de rayons tels que dans chaque maille ainsi déterminée l'élément différentiel de l'intégrale précédente soit constant. Le problème d'interprétation est ainsi ramené à un dénombrement de mailles.

## II. - Etude des coulées de Royat et d'Argnet

### La coulée basaltique de Royat.

La vallée de Royat a été en partie remblayée par des éruptions volcaniques. Glangeard (17), qui s'était particulièrement intéressé à cette vallée, relate la superposition de deux ou trois coulées séparées par des alluvions à galets granitiques et basaltiques.

Des travaux ont été effectués récemment en vue de capter les eaux circulant à la partie inférieure de ces coulées. Ils ont mis en évidence, au lieu dit « Bonnefonds » deux couches de laves séparées par des alluvions. Le socle granitique a été atteint à 22 mètres de profondeur sensiblement dans l'axe de la vallée (voir Profil A), fournissant ainsi une connaissance suffisamment approchée du thalweg souterrain pour que l'on puisse envisager une vérification expérimentale des formules établies.

J'ai effectué avec la Balance Magnétique verticale de La Cour (B.M.Z.) et le Variomètre horizontal (Quartz Horizontal Magnétomètre = Q.H.M.) des mesures des composantes du champ magnétique suivant deux profils perpendiculaires à la coulée, l'angle de ces profils avec le Nord magnétique actuel ne dépassant pas 10°. Des mesures ont été effectuées tant sur la coulée elle-même qu'en dehors de celle-ci, mais il ne sera pas fait état dans les calculs des mesures sur les laves, car leur interprétation (et ce sera une des conclusions de ce travail) est extrêmement délicate et aléatoire.

Les résultats sont résumés dans les tableaux ci-joints (Tableaux I et II).

### Etude du profil A.

Le profil souterrain étant connu dans ses grandes lignes, par les travaux de forage, je me suis proposé de déterminer la polarisation générale des coulées ainsi que l'intensité de cette polarisation et de comparer les résultats obtenus avec ceux de Brunhes et David (2) et également avec les mesures que j'ai effectuées sur des prélèvements.

J'ai d'abord appliqué la méthode des abaques à mailles au profil A en assimilant la structure cachée à un triangle, la position du sommet S résultant des travaux précédemment cités. (fig. 2).

Les caractéristiques correspondant au profil A ainsi tracé sont : d'une part, une polarisation de même direction et de même sens que l'aimantation terrestre actuelle  $\frac{P}{Q} \approx 62$ ; d'autre part, une intensité supplémentaire que l'on peut évaluer, compte tenu des erreurs, à  $120 \cdot 10^{-6}$  gauss.

**Tableau I**

COMPOSANTE VERTICALE

PROFIL A			PROFIL B		
N° des stations	Z en gammas	Anomalie	N° des stations	Z en gammas	Anomalie
1	39877	- 243	1	39912	- 208
2	39864	- 256	2	39865	- 255
3	39828	- 292	3	39894	- 226
4	39802	- 318	4	39899	- 221
5	39769	- 351	5	39824	- 296
6	39728	- 392	6	39821	- 299
7	39694	- 426	7	39758	- 362
8	39639	- 418	8	39756	- 384
9	39580	- 540	9	39593	- 527
10	39471	- 640	10	39629	- 491
11	39339	- 781	11	39435	- 648
12	39724	- 396	12	39410	- 710
13	39131	- 989	13	39802	- 318
14	39278	- 842	14	42082	+ 1962
15	39671	- 449	15	41679	+ 1559
16	40087	- 33	16	41570	+ 1450
17	41002	+ 882	17	40629	+ 509
18	42231	+ 2111			
19	42238	+ 2118			
20	40665	+ 545			
21	40597	+ 477			

**Tableau II**

COMPOSANTE HORIZONTALE

PROFIL A			PROFIL B		
N° des stations	H en gammas	Anomalie	N° des stations	H en gammas	Anomalie
1	21252		1	21246	- 6
3	21248	- 4	3	21198	- 54
5	21235	- 17	5	21182	- 70
7	21208	- 44	7	21140	- 112
9	21178	- 74			
11	20915	- 337			
12	20540	- 712			
14	19223	- 2029			
16	18867	- 2385			
17	18923	- 2329			

On peut supposer que le profil A utilisé ne correspond pas exactement à la réalité, que le fond de la vallée est plat sur une certaine distance, et que le profil passant par le point S' (SS' = 6 m) est plus probable. On trouve alors une inclinaison voisine de 63° et une intensité moyenne d'aimantation de  $85 \cdot 10^{-4}$ . (L'augmentation du nombre de mailles modifie peu la direction d'aimantation).

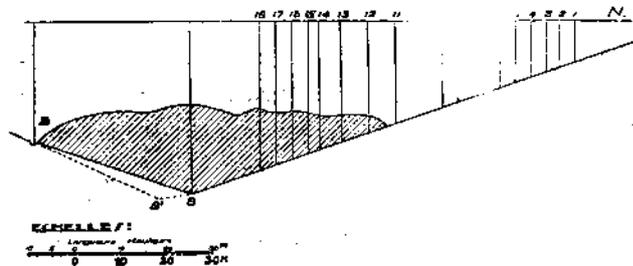


Fig. 2. - Coulée de Royat : profil A.

*Comparaison avec l'étude directe sur les prélèvements.*

Brunhes et David (2) avaient effectué, en 1903, plusieurs prélèvements sur les coulées qui viennent d'être étudiées. Quatre prélèvements sur la coulée inférieure avaient donné les résultats suivants pour l'inclinaison et la déclinaison :

Lave	Inclinaison	Déclinaison (Occidentale)
Lave n° 1	69°20	52°30 + déclinaison (1903)
Lave n° 2	68°	40°20 + déclinaison (1903)
Lave n° 3	68°3	50° + déclinaison (1903)
Lave n° 4	68°50	42°20 + déclinaison (1903)

Par contre, un échantillon cubique découpé dans la coulée supérieure donnait une déclinaison de 1° à l'ouest de la déclinaison (1903) et une inclinaison de 59°40. Ces valeurs peuvent être considérées comme compatibles avec les mesures sur le terrain.

Mais les conclusions de Brunhes et David mettaient également en évidence une variation très grande (de 1 à 15) de l'intensité d'aimantation permanente dans l'ensemble des échantillons.

Cette dernière conclusion, surprenante au premier abord, ne manquait pas d'être inquiétante pour la validité des hypothèses servant de base aux calculs.

J'ai ainsi été conduit à effectuer des mesures sur différents prélèvements des deux coulées. J'ai utilisé pour cela la méthode et l'appareil à induction de G. Grenet (18) réinstallé à l'Observatoire du Puy-de-Dôme par A. Roche. Certaines des mesures effectuées ont été vérifiées par E. Thellier, à l'Institut de Physique du Globe de Paris.

D'après les renseignements qu'il a été possible d'obtenir, les prélèvements de Brunhes et David auraient porté surtout sur les surfaces extérieures des coulées. Je me suis donc attaché d'abord à mesurer l'aimantation de prélèvements en surface où j'ai trouvé également des variations importantes (1 à 7), mais moins considérables que celles indiquées par Brunhes et David.

Les résultats ont été différents en opérant sur des échantillons pris dans la tranchée ou le puits qui ont éventré les deux coulées.

Ils sont résumés dans les tableaux ci-après (J' aimantation permanente en gauss et k susceptibilité spécifique).

	Echantillon	Profondeur à partir du sol	Inclinaison	Aimantation permanente J' × 10 <sup>4</sup>	kH × 10 <sup>4</sup>	(J' + kH) 10 <sup>4</sup>	
Coulée supérieure	N° 1	0 m	61°	57	18	75	
	N° 2	2 m		49	14.5	63.5	
	N° 3	2 m 50		77	17	94	
	N° 4	3 m	59°	45	17	62	
	N° 5	3 m 50		50	14.5	64.5	
	N° 6	4 m		63°	68	11	79
	N° 7	4 m 50			64	23	
Coulée inférieure	N° 8	5 m		30	24	104	
	N° 9	7 m		60	13	73	
	N° 10	10 m		88	19	107	
	N° 11	12 m		86	20	106	
	N° 12	14 m		90	19	109	
	N° 13	16 m		92	15	107	

(Toutes ces mesures ont été effectuées trois heures au plus après les prélèvements).

La moyenne des valeurs obtenues pour J' + kH pour la coulée supérieure est de 77.10<sup>4</sup> gauss et de 95.10<sup>4</sup> pour la coulée inférieure.

La coulée inférieure serait plus aimantée que la coulée supérieure, mais son action est moindre étant donné sa profondeur plus grande.

En résumé, on peut dire que les valeurs des aimantations déduites des mesures sur le terrain et celles mesurées sur les échantillons (couches superficielles exceptées) sont du même ordre de grandeur. Le champ supplémentaire superposé au champ normal par la coulée de Royat est compris entre  $80.10^{-4}$  et  $90.10^{-4}$  gauss et le profil (A') se trouve ainsi confirmé quant à ses possibilités d'existence.

#### Vallée ramblayée d'Argnat.

Cette vallée située dans la chaîne des Dômes au Nord-Ouest de Clermont-Ferrand, sur le territoire de la commune de Sayat, a été recouverte au pléistocène par les projections volcaniques du Puy de Bleymas situé entre les Puys de Jumes et de la Nugère (fig. 3). Orientée sensiblement Ouest-Est, elle est toute entière creusée dans les gneiss à cordiérite, le remblaiement est de 350 mètres de large dans la partie la plus étroite.

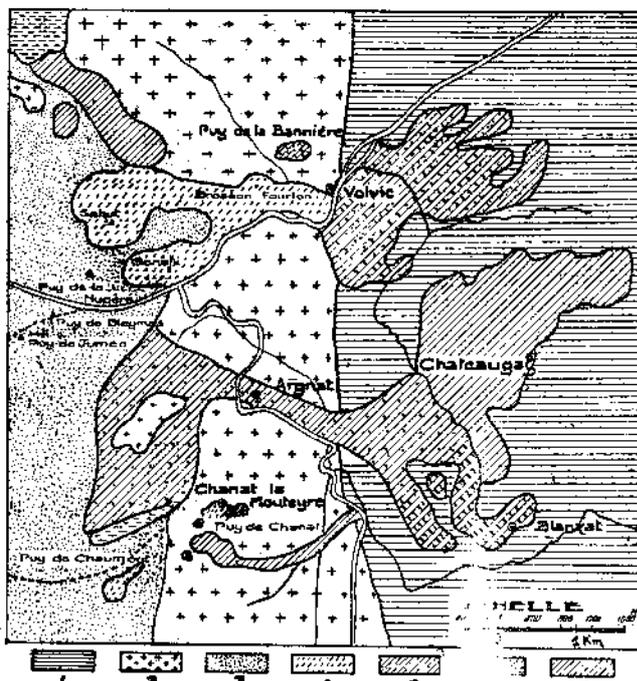


FIG. 3. — Esquisse géologique des environs d'Argnat.

1: terrains sédimentaires; 2: granits et gneiss; 3: scories volcaniques quaternaires; 4: andésites, quaternaire supérieur; 5: basaltes, quaternaire supérieur; 6: basaltes, quaternaire moyen; 7: basaltes miocènes.

Les coulées se sont épanchées plus en aval au delà de la faille de la Limagne en une immense patte d'oie recouvrant les sédiments oligocènes. Les eaux qui circulent sous les projections volcaniques apparaissent dans les sources réparties sur le front de la coulée.

Le captage de ces eaux souterraines a conduit à l'établissement de forages précieux pour les interprétations des différentes prospections.

#### Prospection magnétique.

La prospection magnétique s'étend sur un territoire de 600 mètres (Sud-Nord) et de 400 mètres (Est-Ouest). Le point central ayant approximativement comme coordonnées Lambert:

$$W_x = 653,100$$

$$W_y = 94,150$$

Les levés topographiques ont été effectués au tachéomètre et des points de repère ont permis de comparer les résultats obtenus avec les différentes balances.

Pour toute cette zone il a été établi :

- 1°. — une carte des courbes de niveau de 5 m en 5 m.
- 2°. — des courbes de  $\Delta Z$  suivant des profils sensiblement perpendiculaires à l'axe de la vallée.
- 3°. — une carte des isanomales de la composante verticale (fig. 4).

La carte des isanomales synthétise les résultats obtenus sur l'ensemble des différents profils et les points épars. La valeur de base adoptée (valeur  $Z_0$  retranchée de toutes les valeurs de  $Z$

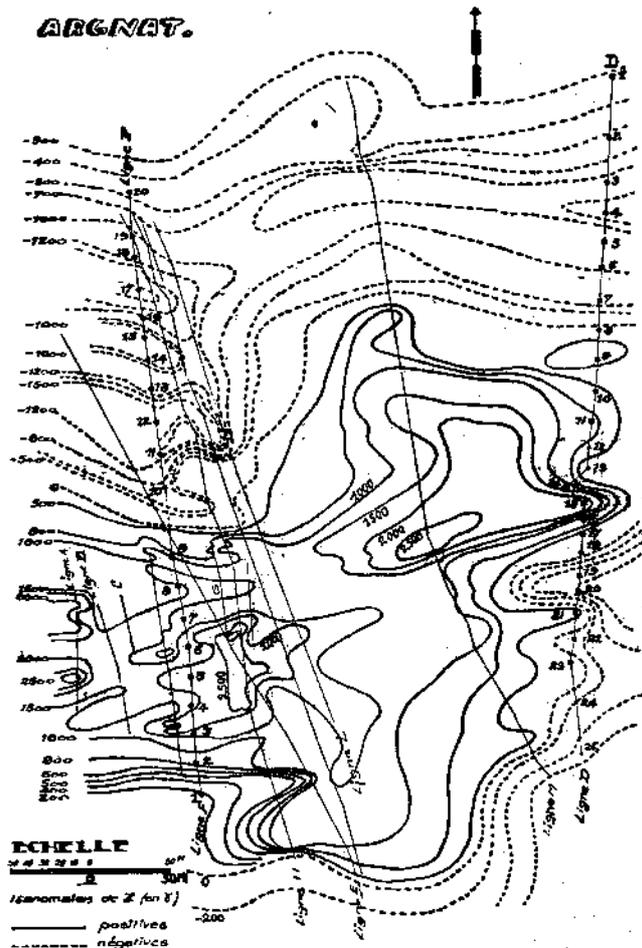


FIG. 4. — Coulée d'Argnat.  
Isanomales de la composante verticale.

pour avoir les anomalies) se réfère d'une part à la B.M.Z. 37 de La Cour, et, d'autre part, à la date de 1949. La valeur  $Z_0$  a été prise de 40150V par comparaison avec le réseau de base.

Cette carte des isanomales montre :

- a) l'allure des courbes
- b) la distinction entre les régions à anomalies positives et négatives
- c) les zones d'anomalies maximum positives ou négatives.

Les anomalies négatives situées presque entièrement sur les versants gneissiques sont comprises vers le Sud entre 0 et 700 gammas et vers le Nord entre 0 et 1500 gammas. Elles encadrent la coulée qui est coiffée par les anomalies positives.

Cette disposition n'a rien de surprenant. On démontre en effet, que pour un plateau d'épaisseur  $2\epsilon$  petite par rapport à sa largeur  $2l$ , (fig. 5), les zéros de la fonction  $Z_a$  sont donnés par, la formule :

$$a^2Q + 2Pab - Qq^2 = 0 \quad (1)$$

$$\text{avec } q^2 = l^2 + b^2$$

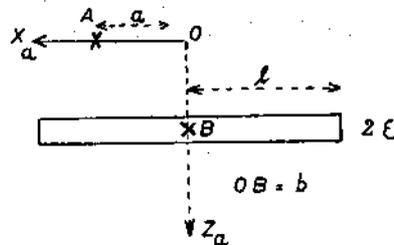


FIG. 5.

Les deux valeurs  $a'$  et  $a''$  racines de (1) sont :

$$a' = -\frac{P}{Q} - \sqrt{\frac{P^2}{Q^2} + l^2 + b^2}$$

$$a'' = -\frac{P}{Q} + \sqrt{\frac{P^2}{Q^2} + l^2 + b^2}$$

(valeurs très voisines de 1 et -1 lorsque  $b$  est petit par rapport à  $l$ ).

Il suffit alors d'imaginer simplement un remblayage de la vallée par une série de plateaux de même axe en tenant compte de l'action prépondérante des plateaux supérieurs pour se rendre compte que les isanomales négatives débordent largement la masse perturbante.

Dans l'ensemble, les isanomales se modèlent sur les lignes de contact gneiss-lave qui sont caractérisées vers le Sud par les isanomales voisines de zéro et vers le Nord par les isanomales  $-100\gamma$ . Sur la coulée les anomalies sont positives, mais irrégulièrement réparties avec de nombreux noyaux isolés. On peut se demander si ces irrégularités sont en rapport étroit avec les accidents topographiques des aimantations locales superficielles. Dans la région médiane où de nombreuses mesures ont été effectuées en raison du tracé de la galerie de captage, les anomalies positives sont d'abord comprises entre 0 et 1000 gammas (région Est) pour devenir très grandes vers l'Ouest avec 5 noyaux maxima. Cette dernière région coïncide avec la partie la plus resserrée de la vallée, mais aussi la plus plane.

#### *Aimantation générale de la coulée.*

Les différents profils montrent que toutes les courbes obtenues ont même allure générale. On remarque qu'à un minimum important vers le Nord succède un maximum plus grand vers le Sud, et légèrement décalé par rapport à la partie médiane de la coulée.

Ainsi, la paroi Nord de la coulée représente un pôle Nord et la paroi Sud un pôle Sud, avec influence prépondérante de ce dernier. L'aimantation perturbante est encore de même sens que l'aimantation terrestre.

#### *Essai de détermination de la topographie du socle primitif.*

Le problème de la détermination de la topographie du socle primitif peut être tenté en utilisant la méthode des abaques à mailles appliquée à différents profils, dont les parties souterraines seront assimilées à des triangles compatibles avec les constatations effectuées dans les galeries de captage et les puits qui, dans certains cas, ont atteint le socle primitif.

Le choix des profils souterrains pouvait s'effectuer sur le versant Sud à la fois par la topographie apparente, et par les formations rencontrées dans la galerie à l'aplomb de chaque

profil. Une droite telle que Aa étant ainsi déterminée, la droite Bb était tracée en tenant compte des données magnétiques. La même opération était possible en certains points sur le versant Nord (fig. 6).

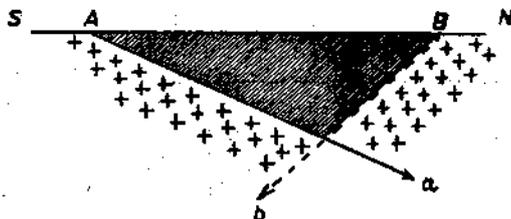


Fig. 6

D'autre part, l'irrégularité des mesures sur les laves impliquait encore l'utilisation des anomalies trouvées en dehors des coulées.

L'allure générale des courbes, les prélèvements dont il sera fait état ultérieurement, des considérations analogues à celles évoquées pour la vallée de Royat conduisent à supposer la magnétisation de la coulée sensiblement de même direction que l'aimantation terrestre.

Des sections normales à la coulée faisant un angle voisin de  $30^\circ$  avec le Nord magnétique actuel, j'ai pris comme valeurs moyennes pour  $Q = \sin \theta$  la valeur 0,88 et pour  $P = \cos \theta \cos \alpha$  la valeur 0,41, ce qui conduit à une inclinaison de  $62^\circ$ . Il restait donc à déterminer les profils souterrains de telle sorte que les valeurs théoriques correspondent par affinité aux valeurs pratiques.

Sans entrer dans le détail des confrontations, il m'est apparu que les profils ainsi obtenus étaient les plus plausibles.

Pour les profils F et D les flancs Sud étaient déterminés par les formations géologiques rencontrées par la galerie. (fig. 7 et 8).

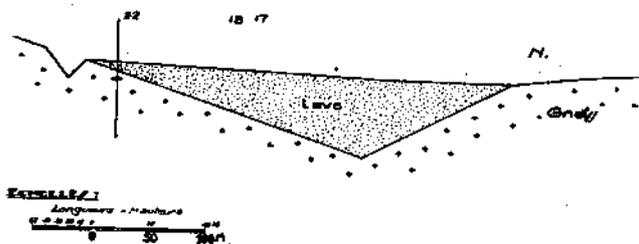


Fig. 7. — Coulée d'Argnat: profil F.

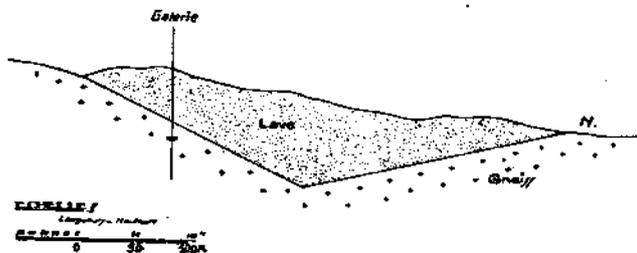


Fig. 8. — Coulée d'Argnat: profil D.

Les profondeurs ainsi déterminées de la surface du sol au point le plus bas de la vallée sont :

Pour le profil F : 33 mètres.

Pour le profil D : 39 mètres.

Enfin nous retrouvons pour chacun des profils, l'axe de la vallée à l'aplomb des zones d'anomalies positives maximum avec parfois un léger décalage de ces points vers le Nord ce qui est tout à fait conforme à la théorie.

Comme à Royat des prélèvements ont été effectués à différentes profondeurs. En particulier, il a été rencontré à 30 m. de profondeur à la base de la 3<sup>e</sup> coulée toute une série de blocs de gneiss cuits par les laves et encastrés dans celles-ci.

Je donne ici les résultats obtenus sur trois échantillons. Les échantillons 1 et 2 paraissant très cuits (rouge foncé) le n° 3 cassé a montré une partie centrale non cuite.

Blocs de gneiss	Inclinaison	$J \times 10^4$	$kH \times 10^4$	$(J + kH) \times 10^4$
N° 1	62°	39	8,6	47,6
N° 2	58°	35	4,1	39,1
N° 3		2,5	1,2	3,7

Enfin les pouzzolanes et sables volcaniques ayant des épaisseurs de 3 à 4 mètres, intercalées entre les différentes coulées avaient des susceptibilités telles que  $kH$  était compris entre  $6.10^{-4}$  et  $18.10^{-4}$ .

Il résulte ici que l'aimantation des prélèvements est de beaucoup supérieure à l'aimantation trouvée sur les profils. Or, les profils trouvés ne deviennent plus possibles s'ils sont réduits.

Cette anomalie disparaît si l'on fait intervenir les considérations géologiques. La vallée d'Argnat n'a pas été remblayée comme celle de Royat par des coulées de lave compacte mais par des coulées de lave de quelques mètres d'épaisseur séparées par des projections (sables volcaniques, pouzzolanes) dont le magnétisme permanent est nul. Pour ces projections la susceptibilité seule intervient.

On est conduit naturellement à penser que s'il n'y a pas de désaccord entre les aimantations des produits volcaniques dans leur ensemble, et les aimantations mesurées sur le terrain, les difficultés de détermination des thalwegs se trouvent multipliées et que sans la présence des sondages on ne peut qu'aboutir à des résultats fallacieux.

Il est intéressant de faire état des contrôles que M. Thellier a bien voulu effectuer sur certains échantillons de Royat et d'Argnat.

Pour la plupart des échantillons de Royat, les directions d'aimantation avaient complètement changé. (J'avais moi-même constaté cela au bout de quelques semaines).

En ce qui concerne les valeurs d'aimantation permanente  $J$  et des susceptibilités  $k$ , les valeurs trouvées par M. Thellier étaient plus faibles que les miennes.

Il est probable que pour ces roches à aimantation instable, l'aimantation réelle de l'échantillon en place est, surtout après un long séjour dans le champ terrestre, plus grande que celle qui est mesurée, toutes les opérations de transport, en particulier celles en chemin de fer, ayant tendance à la diminuer.

Il en résulte que la comparaison des directions d'aimantation sur le terrain et sur les prélèvements ne peut avoir de valeur interprétative sérieuse (exceptées les mesures sur les gneiss cuits). Seules les valeurs de  $J$  et  $kH$  gardent un intérêt certain.

### Conclusion.

Ainsi pour les deux vallées remblayées de Royat et d'Argnat, les méthodes utilisées ont permis de constater que l'aimantation générale dirigée suivant le champ terrestre est de beaucoup supérieure en intensité à l'aimantation induite par ce champ. Les prélèvements, et surtout les prélèvements en profondeur prouvent que cette aimantation surajoutée est en grande partie due à l'aimantation permanente des laves.

D'autre part, plus de deux mille mesures des composantes du champ magnétique terrestre m'ont apporté la preuve que les interprétations sont facilitées, à la fois, par des prospections à distances convenables des masses perturbantes, et par l'utilisation de la composante verticale plus sensible que la composante horizontale. Comme le dit J. P. Rothé (5) « La prospection magnétique directe apparaît comme un moyen simple de déterminer l'aimantation permanente des filons basaltiques. On peut même dire qu'elle y réussit mieux que l'examen au laboratoire d'échantillons récoltés sur place, parce que les mesures mettent en évidence une moyenne des effets des diverses parties d'un ensemble souvent hétérogène ».

#### Références

1. — BRUNHES (B.). — Sur la direction de l'aimantation permanente dans une argile métamorphique, *Comptes-Rendus Ac. Sc. Paris*, t. 141, 1905, pp. 567-570.
2. — BRUNHES (B.) et DAVID (P.). — Recherches sur la direction d'aimantation des roches volcaniques, *J. de Physique*, 4<sup>e</sup> série, t. 5, 1906, pp. 705-721.
3. — MATHIAS (E.). — Nouveau réseau magnétique français, *Annales des Postes, Télégraphes, et Téléphones*, N° 5, mai 1924.
4. — COULOMB (J.). — L'anomalie magnétique du Puy-de-Dôme, *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme*, N° 6, pp. 65-93, 1933.
5. — ROTHÉ (J.P.). — Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, t. 15, pp. 1-110, 1937.
6. — THELLIER (E.). — Sur l'aimantation des terres cuites et ses applications géophysiques, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, t. 16, p. 157, 1938.
7. — GRENET (C.). — Sur les propriétés magnétiques des roches, *Annales de Physique*, X<sup>e</sup> série, t. XIII, pp. 263-348, 1930.
8. — HAALCK (H.). — Die magnetischen Verfahren der angewandten Geophysik, *Sammlung Geophys. Schriften*, N° 7, Berlin, 1927.
9. — NIPPOLDT (A.). — Verwertung magnetischer Messungen zur Mutung, Verlag von Jul. Springer, Berlin, 1930.
10. — WESTINE (P.) and DAVIDS (N.). — Analysis and interpretation of geomagnetic anomalies, *Terrest. Magn. Atmosph. Electr.* t. 50, p. 1, March 1945.
11. — TAYLOR. — On the determination of Magnetic vertical Intensity Z by means of surface Integrals, *Terrest. Magn. Atmosph. Electr.*, t. 49, p. 239, 1944.
12. — KOGBETLIANTZ (E.G.). — Quantitative interpretation of maps of magnetic and gravitational anomalies by mathematical methods, *Quart. appl. Math.*, t. 3, pp. 55-75, 1945.
13. — WANTLAND (D.). — Magnetic interpretation, *Geophysics*, vol. 9, p. 47, 1944.
14. — JONES (W.M.). — Effects of surface relief on anomalies of vertical intensity, *The New-Zealand J. of Sc. and Techn.*, t. 28, série B, pp. 117-129, Sept. 1946.
15. — MAGNÉE (I.) and EVRARD (P.). — La valeur de l'interprétation géologique des profils magnétiques, *Bull. Soc. Géolog. de Belg.*, vol. 69, pp. 33-45, 1945-1946.
16. — NUMEROFF. — *Bulletin Astr.*, Leningrad, (en russe), t. 15, p. 165, 15 février 1927.
17. — GLANGEAUD (P.). — La chaîne des Dômes, *Bulletin du service de la carte géologique de la France*, t. 22, N° 135, 1913.
18. — GRENET (C.). — Un appareil pour déterminer les propriétés magnétiques des roches, *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme*, N° 6, pp. 57-64, 1933.



# BIBLIOGRAPHIE DES TRAVAUX FRANÇAIS

## RELATIFS A L'ANNÉE POLAIRE 1932-1933

PAR J.-P. ROTHÉ

Directeur de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg

Membre de l'expédition du Scoresby Sund

A la demande du Docteur Laurson, chargé de la Direction de la Commission de liquidation de « l'Année Polaire Internationale 1932-1933 », j'ai établi une bibliographie aussi complète que possible des travaux des missions françaises, bibliographie que je crois bon de reproduire ici.

La participation française à l'Année Polaire comportait une mission principale de 15 membres qui séjourna au Scoresby Sund, sur la côte orientale du Groenland du 26 juillet 1932 au 16 août 1933; cette mission était aux ordres du Lieutenant de vaisseau Habert, tué en 1945 dans une catastrophe aérienne.

Deux autres missions à effectif réduit furent chargées d'effectuer des observations météorologiques à Tamanrasset (Hoggar) et à Bangui (A.E.F.).

En outre je rappelle seulement ici pour mémoire les publications se rapportant aux observations faites en France pendant l'Année Polaire: observations normales du réseau météorologique de l'Office National Météorologique; observations météorologiques, lancers de ballons-sondes et de ballons pilotes effectués par l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (publiés dans les annuaires 1932 et 1933 de cet Institut); enregistrements effectués à la station magnétique du Val Joyeux (publiés dans les tomes XII et XIII des Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris), etc...

Strasbourg, mai 1950.

### I. — PUBLICATION OFFICIELLE

La commission nationale française de l'Année Polaire a publié trois volumes intitulés:

ANNÉE POLAIRE INTERNATIONALE 1932-1933, PARTICIPATION FRANÇAISE.

Les articles contenus dans ces trois volumes sont détaillés ci-dessous.

1. — Volume I, Gauthier-Villars, éditeur Paris, 1936.

Introduction, p. 1-5.

J. P. ROTHÉ, Observations magnétiques au Scoresby Sund, pp. 7-56, 15 figures.

A. DAUVILLIER, Observations des aurores au Scoresby Sund, pp. 57-348.

A. DAUVILLIER, Etude des aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'année polaire, pp. 349-376, 21 figures.

A. DAUVILLIER, Recherches sur l'ozone atmosphérique effectuées au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, pp. 377-390, 5 figures.

A. DAUVILLIER, Recherches sur les rayons cosmiques effectuées au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, pp. 391-406.

J. P. ROTHÉ, Caractère magnétique numérique des jours du 24 novembre 1932 au 13 août 1933, pp. 407-413.

2. — Volume II, Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1938.

A. DAUVILLIER, Electricité atmosphérique: I, résultats des observations du champ électrique à la station principale, p. 1-21; II, conductibilité et courant vertical, résultats pp. 22-28; III,

- étude du champ électrique terrestre, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, pp. 29-52, 15 figures.
- J. P. ROTHÉ, Courants telluriques, pp. 53-97, 28 figures.
- M. FAILLETAZ, Observations actinométriques à Tamanrasset, pp. 101-123, 14 figures.
- L. LAPAYRE, Mesure de la radiation solaire en Afrique équatoriale, pp. 125-151, 10 figures.
- J. HABERT et M. DOUQUET, Radio-électricité, observations effectuées au Scoresby Sund, pp. 153-183, 12 figures.
- J. HABERT, Rapport sur les travaux de la mission française de l'Année Polaire 1932-1933 au Scoresby Sund, pp. 187-234, 23 figures, 3 annexes.
- M. BRUYÈRE, Historique de la mission de Tamanrasset, pp. 235-255, 19 figures.
- ANONYME, La mission de Bangui, pp. 257-259.

3. — Volume III, Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1941.

- P. TCHERNIA, Rapport sur les travaux biologiques effectués au Scoresby Sund, pp. 1-66, 55-figures.
- LE MÉHAUTA, Rapport médical de fin de mission, pp. 69-87.
- J. P. ROTHÉ, Structure et morphologie du Groenland au voisinage du Scoresby Sund, pp. 89-116, 24 figures.
- R. RICHARD, Météorologie générale : rapport de la mission scientifique française concernant les travaux effectués à Bangui (Afrique équatoriale française), pp. 117-157.
- M. BRUYÈRE, Météorologie générale : rapport de la mission française sur les travaux effectués à Tamanrasset pendant l'Année Polaire, pp. 159-200, 4 figures, 8 tableaux.
- R. BUREAU et R. FAILLETAZ, Les atmosphériques pendant l'Année Polaire 1932-1933, pp. 201-356, 6 figures et très nombreuses reproductions de courbes.

II. — ARTICLES ET NOTES SCIENTIFIQUES

rédigés par les membres des missions du Scoresby Sund et de Tamanrasset

4. — A. DAUVILLIER, Observation des aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, 1933, pp. 997-1000.
5. — A. DAUVILLIER, Enregistrement photoélectrique continu des aurores polaires, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, 1933, pp. 780-781.
6. — A. DAUVILLIER, Sur l'origine de l'ozone atmosphérique, recherches faites au Scoresby Sund durant l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, 1933, pp. 1339-1341.
7. — A. DAUVILLIER, Activité cosmique et activité solaire. Observation des rayons cosmiques au Scoresby Sund durant l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, 1933, pp. 1741-1744.
8. — A. DAUVILLIER, Recherches sur l'ozone atmosphérique au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Bulletin de la Société française de Physique*, N° 347, 1<sup>er</sup> Déc. 1933, pp. 156 S-158 S.
9. — A. DAUVILLIER, Recherches sur les rayons cosmiques effectuées au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Bulletin de la Société française de Physique*, N° 348, 15 Déc. 1933, pp. 167 S-169 S.
10. — A. DAUVILLIER, Aurores polaires et rayons cosmiques, *Bulletin de la Société française des Electriciens*, tome 4, Avril 1934, p. 383.
11. — A. DAUVILLIER, Aurores polaires et rayons cosmiques, *Astronomie*, 48<sup>e</sup> année, 1934, pp. 105-110, 153-167, 209-214, 23 figures et schémas.
12. — A. DAUVILLIER, Etude des aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Bulletin de la Société française de Physique*, N° 356, 4 Mai 1934, pp. 98 S-99 S.

13. — A. DAUVILLIER, Strange Sounds from Inland Ice, Greenland, *Nature* (London), tome 133, Juin 1934, p. 836.
14. — A. DAUVILLIER, Les travaux scientifiques de l'Expédition française de l'Année Polaire, (Conférence radiodiffusée), *Bulletin mensuel de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, N° 126, janvier 1935, pp. 1-7.
15. — A. DAUVILLIER, Sur les phénomènes électro magnétiques produits par le soleil sur la terre, *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, tome 42, 1934, pp. 3-11.
16. — A. DAUVILLIER, Etude des aurores polaires au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Journal de Physique*, Série VII, tome 5, 1934, pp. 398-412, 21 figures.
17. — A. DAUVILLIER, Recherches sur les rayons cosmiques effectuées au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Journal de Physique*, Série VII, tome 5, 1934, pp. 640-648, 18 figures.
18. — A. DAUVILLIER, Recherches sur l'ozone atmosphérique effectuées au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Journal de Physique*, Série VII, tome 5, 1934, pp. 455-463, 5 figures.
19. — A. DAUVILLIER, Etude du champ électrique, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Journal de Physique*, Série VII, tome 6, 1935, pp. 420-426 ; Série VII, tome 7, 1936, pp. 40-48, 15 figures.
20. — A. DAUVILLIER, Etude du champ électrique, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 200, 1935, pp. 2209-2211.
21. — A. DAUVILLIER, Etude du champ électrique, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Bulletin de la Société française de Physique*, N° 376, 5 juillet 1935, pp. 103 S-104 S.
22. — A. DAUVILLIER, Sur le dosage de l'ozone atmosphérique. Comparaison de méthodes spectrographiques et chimique, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 201, 1935, pp. 679-680.
23. — M. DOUQUET, Quelques observations sur la propagation radioélectrique pendant l'Année Polaire au Scoresby Sund, *L'Onde électrique*, juillet 1934, pp. 277-288.
24. — M. DOUQUET et R. BUREAU, Sur les variations diurnes des atmosphériques pendant la nuit polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 199, 9 juillet 1934, pp. 160-163.
25. — R. FAILLETAZ et R. BUREAU, Les enregistrements d'atmosphériques à Tamanrasset (Hoggar) au cours de l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 199, 30 juillet 1934, pp. 376-378.
26. — R. FAILLETAZ, La radiation solaire et le trouble atmosphérique à Tamanrasset (Hoggar), *Mémorial de l'O.N.M. de France*, N° 26, 1937, 74 pages.
27. — J. HABERT, L'Année Polaire 1932-1933, *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, 1932, pp. 459-470, 3 figures.  
Exposé de l'organisation de l'expédition française et des recherches à entreprendre.
28. — J. HABERT, Travaux de restitution relatifs aux aurores polaires, *Bulletin de la Société française de Physique*, N° 356, 4 mai 1934, pp. 99 S-101 S.
29. — P. J. LE MÉHAUTÉ et P. TCHERNIAKOVSKY, L'alimentation des Esquimaux, *Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène alimentaire*, tome XXII, N° 1 et 2, 1934, 8 pages.
30. — P. J. LE MÉHAUTÉ, M. A. MACHEBOEUF, P. TCHERNIAKOVSKY et H. CHEFFEL, A propos de la maladie des Conserves, *Bulletin de l'Académie de Médecine*, tome CXI, N° 6 (13 février 1934), 8 pages.

31. — P. J. LE MÉHAUTÉ et P. TCHERNAKOVSKY, Quelques considérations sur la nosologie des Esquimaux du Groenland oriental, *La Presse médicale*, N° 24 (24 mars 1934), 15 pages, 4 photos.
32. — J. P. ROTHÉ, Observations magnétiques au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, novembre 1933, pp. 1057-1058, 1 figure.
33. — J. P. ROTHÉ, Observations morphologiques au Scoresby Sund, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, tome 197, 1933, pp. 1443-1444.
34. — J. P. ROTHÉ, La participation française à l'Année Polaire Internationale (Conférence radiodiffusée), *Bulletin mensuel de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, N° 121, Mai 1934, pp. 307-313.
35. — J. P. ROTHÉ, Etude de quelques problèmes de magnétisme terrestre, explication de la variation diurne du champ, *Bulletin de la Société française de Physique*, 1935, pp. 148 S-149 S.
36. — J. P. ROTHÉ, Quelques résultats géophysiques et quelques traits géographiques du Scoresby Sund, *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, Paris, avril 1935, pp. 233-251.  
Contient un résumé sur les observations météorologiques (sondages de vent et radio-sondages) faites au Scoresby Sund.
37. — J. P. ROTHÉ, Observations magnétiques au Scoresby Sund pendant l'Année Polaire, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, tome XIII, 1935, pp. 98-140, 13 figures.
38. — J. P. ROTHÉ, Sur la variation diurne des éléments magnétiques au Scoresby Sund, *Terrestrial Magnetism*, Vol. XL, juin 1935, pp. 165-172.
39. — P. TCHERNAKOVSKY et P. J. LE MÉHAUTÉ, Quelques déterminations de groupes sanguins chez des Esquimaux de race pure (Côte Est du Groenland), *Comptes-Rendus de la Société de Biologie*, 18 novembre 1933, tome 114, p. 878-879.
40. — P. TCHERNAKOVSKY et P. J. LE MÉHAUTÉ, La question des groupes sanguins chez les Esquimaux. Quelques déterminations chez des indigènes de race pure (Côte Est du Groenland), *Revue anthropologique*, 44<sup>e</sup> année, N° 1-3 (Janvier-Mars 1934), pp. 61-70, 2 cartes.
41. — P. TCHERNAKOVSKY, Notes sur les Esquimaux de la Côte Est du Groenland, *Médecine* 36, N° 6 (Mars 1936).
42. — P. TCHERNIA, Considérations d'Anthropologie physiologique sur les Esquimaux. Alimentation-Maladie des voies respiratoires-Groupes sanguins, *Bulletin de la Société d'Anthropologie de Paris*, tome III, IX<sup>e</sup> série, 1941.
43. — P. TCHERNAKOVSKY, Sur les résultats biologiques de l'Expédition française de l'Année Polaire (Conférence radiodiffusée), *Bulletin mensuel de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, N° 121, Mai 1934, pp. 315-320.
44. — P. TCHERNAKOVSKY, Contribution à l'étude ornithologique du Scoresby Sund, (Côte Nord-Est du Groenland), *L'Oiseau et la Revue française d'ornithologie*, N° 3, 1939, pp. 321-363, 1 carte.
45. — P. TCHERNIA, Diagnose et description de *Cottus Scorpius L.* provenant de la Côte Est du Groenland (Scoresby Sund), *Bulletin de la Société Zoologique de France*, T. 73, 1948, pp. 49-62.

### III. — AUTRES PUBLICATIONS FRANÇAISES RELATIVES A L'ANNÉE POLAIRE

46. — J. B. CHARCOT, Compte-Rendu du voyage au Scoresby Sund pour la préparation de l'Année Polaire, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 193, 1931, pp. 414-415.
47. — J. B. CHARCOT, Rapport préliminaire sur la campagne du Pourquoi-Pas ? en 1931, *Annales hydrographiques*, 3<sup>e</sup> série, volume XI, Paris, 1932, pp. 57-90.  
Contient les résultats de l'expédition de reconnaissance chargée de déterminer les emplacements des observatoires de l'expédition française 1932-1933.
48. — J. B. CHARCOT, L'Année Polaire, *Terre, Air, Mer*, Paris, mai 1932, pp. 337-355.

49. — J. B. CHARCOT, La station française de l'Année Polaire 1932-1933, *Bulletin de l'Association des géographes français*, Paris, février 1933, pp. 30-40.
50. — J. B. CHARCOT, Rapport préliminaire sur la campagne du Pourquoi-Pas? en 1932, *Annales hydrographiques*, 3<sup>e</sup> série, tome XII, 1933, pp. 1-61.  
Contient un récit du voyage d'installation de l'expédition française; étude des glaces de terre et de mer; stations hydrologiques du « Pourquoi-Pas? » et du « Polux ».
51. — J. B. CHARCOT, L'Année Polaire 1932-1933: historique et organisation matérielle, *Annuaire du Bureau des Longitudes*, Paris, 1933, A, pp. 1-24.
52. — J. B. CHARCOT, Rapport préliminaire sur la campagne du Pourquoi-Pas? en 1933, *Annales hydrographiques*, 3<sup>e</sup> série, tome XIII, 1934, pp. 1-71.  
Contient le récit du voyage de retour de l'expédition française de l'Année Polaire; mesures de salinité et température de l'eau de mer; carte de l'état des glaces.
53. — P. DITISHEIM, Lubrification des montres et autres appareils fonctionnant aux basses températures, *Annales françaises de Chronométrie*, 1935, 46 pages, 41 figures.  
Contient de nombreuses photographies d'appareils employés par l'expédition française du Scoresby Sund; renseignements sur les lubrifiants utilisés par l'expédition.
54. — L. GAIN, L'Année Polaire et la participation française dans la zone arctique: résultats de la campagne du Pourquoi-Pas? au Groenland, *Revue scientifique*, 1932, N° 9, pp. 257-269, 10 figures.  
L'article contient les résultats de l'expédition de reconnaissance et en particulier les tours d'horizons faits aux emplacements des observatoires de l'expédition 1932-1933.
55. — CH. MAURAIN et J. DEVAUX, Etude de la conductibilité électrique de l'atmosphère au cours d'un voyage au Groenland, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, tome XI, Paris, 1933, pp. 85-87.
56. — CH. MAURAIN et J. DEVAUX, Etude des noyaux de condensation atmosphériques au cours d'un voyage au Groenland, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, tome XI, Paris, 1933, pp. 88-89.
57. — CH. MAURAIN et J. DEVAUX, Etude sur la radiation globale au Groenland (Scoresby Sund, lat.:  $70^{\circ}1/2$ ), *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, tome XI, Paris, 1933, pp. 90-92.
58. — CH. MAURAIN et J. DEVAUX, Etude sur la conductibilité électrique atmosphérique, les noyaux de condensation et la radiation solaire au Groenland (Scoresby Sund, lat.:  $70^{\circ}1/2$ ), *La Météorologie*, juillet 1933, N° 100, pp. 261-264.
59. — CH. MAURAIN, L'Année Polaire 1932-1933, Organisation générale et travaux scientifiques, *Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1935*, B, pp. 1-22.
60. — PH. WEHRLÉ, La participation de l'Office national météorologique à l'Année Polaire Internationale 1932-1933, *La Météorologie*, février 1934, N° 107, pp. 57-85, 14 figures.  
L'article comporte une description résumée des appareils utilisés (radio-sonde O.N.M., girouette Pèpillon, actinomètres).
61. — PH. WEHRLÉ, L'activité aérologique de la France pendant l'Année Polaire, *Publication N° 21 de l'Organisation Météorologique Internationale, réunion de Friedrichshaffen*, 1934, Anlage XXXV A, pp. 126-133.

#### IV. — OUVRAGES ET ARTICLES DE VULGARISATION destinés au grand public.

Ces ouvrages et articles contiennent une abondante documentation photographique sur l'installation de l'Expédition du Scoresby Sund et sur les appareils utilisés.

62. — J. B. CHARCOT, J. HABERT, M. BÉREUX, Les quinze mois polaires de quinze jeunes hommes, « *Je sais-tout* », N° 354, juin 1933, pp. 160-164, 19 photos.

63. — F. DEVAUX, *L'Année Polaire*, *La Nature* (Paris), N° 2895, 15 décembre 1932, pp. 529-536, 17 photos.
64. — P. DUBARD, *Derrière la banquise*, (La mission polaire française 1932-1933), un volume, La Nouvelle Société d'Éditions, éditeur, Paris, 1933, 256 pages.
65. — FAVRE (Lieutenant de vaisseau), La mission du « Pollux » et du « Pourquoi-Pas ? » au Scoresby Sund, *Revue maritime*, 1933, pp. 145-175, 12 figures.  
Historique du transport et de l'installation de l'expédition française en 1932.
66. — FAVRE (Lieutenant de vaisseau), Le voyage du « Pollux » au Scoresby Sund (1933), *Revue Maritime*, 1936, pp. 51-70, 8 figures.  
Contient deux cartes de l'état des glaces entre l'Islande et le Groenland en juillet et août 1933.
67. — J. HABERT, Que nous apportera l'expédition française de l'Année Polaire 1932-1933 ? *Revue La Science et la Vie*, N° 182, Août 1932, pp. 125-133, 13 figures.  
Article de vulgarisation ; photos des appareils emportés par l'expédition française.
68. — J. HABERT, Une expédition polaire française au Groenland, *Monde et Voyages*, N° 69, 1<sup>er</sup> novembre 1933, pp. 271-275 et N° 70, 15 novembre 1933, pp. 294-296 ; 17 photos.  
Photos présentant les installations de la station française.
69. — J. HABERT, Les régions polaires, pays du soleil, *L'Astronomie*, 49<sup>e</sup> année, 1935, pp. 57-72, 9 photos.
70. — V. JOUOLA, Ce que nous a appris à son retour la mission française de l'Année Polaire, *La Science et la Vie*, Paris, janvier 1934, pp. 37-41, 1 fig. hors-texte et 3 fig. dans le texte.
71. — J. LABADIÉ, L'étude des aurores boréales et des rayons cosmiques, *L'Illustration*, 28 octobre 1933, pp. 283-284, 4 figures.  
Contient le schéma de l'appareil enregistreur d'aurores.
72. — J. P. ROTHE, Avec l'expédition française de l'Année Polaire, *L'Illustration*, 28 octobre 1933, pp. 282-283 et 285, 10 figures.
73. — R. SIMOTTEL, La préparation de l'Année Polaire, l'expédition du « Pourquoi-Pas » et du « Pollux », *Le Miroir du Monde*, N° 136, 8 octobre 1932, p. 3-5 et N° 137, 15 octobre 1932, pp. 514-522 ; 22 photos.
74. — ANONYME, La station française de l'Année Polaire au Groenland, *L'Illustration*, 8 octobre 1932, pp. 194 et 195, 6 figures.

#### V. — DOCUMENTS ET MANUSCRITS NON PUBLIÉS

Une partie des documents météorologiques originaux (carnets et diagrammes d'observations, diagrammes de sondages, etc...) et le manuscrit préparé par le lieutenant de vaisseau Habert ont dû être détruits pendant la guerre dans l'incendie de la base de Tunis.

On trouvera quelques renseignements météorologiques sommaires (types de sondages, mesures de températures par radio-sondes) dans la publication n° 36 citée ci-dessus.

#### VI. — FILM

Un film a été tourné par les membres de l'expédition et est consacré en partie aux mesures scientifiques.

Ce film intitulé « Mission Polaire », tiré en format normal (35mm) et post-sonorisé, a été réalisé avec la collaboration de Gaumont-Franco-Films-Aubert et est actuellement exploité (mai 1950) par Franfilmidis, M. Beauvais, 70, rue de Ponthieu à Paris.

Sa durée de projection est d'environ 50 minutes.

# Quelques mesures radiogéologiques dans les Vosges hercyniennes

## Comparaison des appareils Kolhörster, gammaphone et gammamètre

PAR J.-P. ROTHÉ ET E. PETERSCHMITT

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

### Introduction.

Dès 1934 E. Rothé s'était demandé « si les faibles activités des couches géologiques ou des roches pourraient être différenciées sur le terrain grâce à la méthode d'ionisation par les rayons gamma à l'intérieur d'une chambre cuirassée ». Les premiers essais exécutés dans les Vosges alsaciennes aux environs du Hohwald furent concluants (1). E. Rothé et ses élèves (Mme A. Hée, D. Milcoveanu) prospectèrent ensuite de nombreux terrains des Vosges et du Massif Central. Toutes ces mesures furent exécutées avec un électromètre Kolhörster. On trouvera les résultats de ces prospections résumés dans un ouvrage récent (2).

Le développement des recherches atomiques, la nécessité de découvrir des minerais riches en corps radioactifs a amené à construire des appareils portatifs basés sur l'emploi des tubes-compteurs Geiger-Müller : c'est ainsi que furent mis au point les gammaphones et les gammamètres du Commissariat français à l'Energie Atomique.

Il nous a paru intéressant de comparer sur le terrain les indications fournies en même temps par un gammaphone ou un gammamètre, et par la chambre d'ionisation de Kolhörster. On trouvera ici les résultats détaillés obtenus en 35 stations dont quelques-unes avaient déjà été occupées et étudiées par E. Rothé il y a 15 ans.

### I. — Comparaison électromètre-gammaphone

En vingt et une stations le gammaphone et la chambre d'ionisation ont été placés l'un à côté de l'autre sur le banc rocheux à mesurer ; le nombre de chocs entendus au gammaphone a été en général noté chaque minute pendant au moins 9 minutes ; le déplacement des fils de quartz de l'électromètre Kolhörster a été mesuré au bout d'une ou de plusieurs périodes de 10 minutes.

#### Résultats des mesures. (30 mai et 8 juin 1950)

Pour chaque station on indique :

- a) l'emplacement et les coordonnées dans le système de quadrillage Lambert « zone Nord de France » (Cartes au 1/50.000<sup>e</sup> ou au 1/20.000<sup>e</sup> de l'Institut géographique national, feuille Saint-Dié, Molsheim, Sélestat, Gérardmer et Munster).
- b) la nature de la roche en place.
- c) les lectures  $n_1$  et  $n_2$  de la position des fils de l'électromètre au début et à la fin d'un intervalle de temps  $T$  égal à 10 minutes ; si cet intervalle de temps entre les deux lectures est plus long, la durée  $T$  est indiquée entre parenthèses. Le nombre  $K$  d'ions-cm<sup>3</sup>/s. est, d'après Milcoveanu (3), donné par : 
$$K = 8,75 \cdot \Delta V, \text{ avec } \Delta V = 2,3 \frac{(n_1 - n_2)}{T}$$
 Pour  $T = 10$  minutes, on a sensiblement  $K = 2(n_1 - n_2)$ .
- d) le nombre de chocs par minute entendus au gammaphone et la moyenne  $N$  des différentes mesures ; lorsque l'intervalle de mesure diffère d'une minute, le nombre de minutes est indiqué entre parenthèses.

e) le nombre  $K$  d'ions-cm<sup>3</sup>/s. mesuré par E. Rothé et Mme Hée au même emplacement ou dans un emplacement voisin.

#### A. — MASSIF DU HOHWALD—SAINTE-ODILE

Les mesures intéressent des terrains granitiques (granite type Andlau), des cornéennes et le grès vosgien.

1. — a) Vallée de la Kirneck, au lieu dit Holtzplatz, au sommet de la butte isolée ; X = 475,500 ; Y = 179,055.  
b) Granite d'Andlau, porphyroïde, à grosses orthoses roses.  
c) 76,2 — 70,8 ; K = 10,8  
d) 57 (3) ; 65 (3) ; N = 23,3
- 1 bis. — a) Même station, sur la roche à nu au flanc de la butte X = 475,505 ; Y = 179,055.  
b) Granite d'Andlau, porphyroïde, à grosses orthoses roses.  
c) 80,6 — 74,0 ; K = 13,2  
d) 80 (3) ; 73 (3) ; 74 (3) ; N = 25,7
2. — a) Carrière de cornéennes au grand tournant de la route de la vallée de la Kirneck ; X = 474,060 ; Y = 179,700.  
b) Cornéennes (schistes de Steige métamorphisés)  
c) 70,2 — 65,4 ; 69,6 — 64,6 ; K = 9,8  
d) 60 (3) ; 67 (3) ; 64 (3) ; N = 21  
e) K = 10,5 (3, p. 9).
3. — a) Au flanc du Männelstein, route de Barr à Sainte-Odile, au km 7,660 ; 490 m. avant le carrefour de la route du Hohwald ; X = 475,620 ; Y = 180,370  
b) grès vosgien compact.  
c) 81,6 — 78,9 ; 81,2 — 78,2 ; K = 5,7  
d) 35 (3) ; 38 (3) ; 45 (3) ; N = 13  
e) K = 5,4 (4, p. 9).

#### B. — FILONS DE RHYOLITE ET TERRAINS ENCAISSANTS

La carrière de rhyolite, voisine du chalet de la Faculté des Sciences du col de Welschbruch, carrière où furent entreprises en 1934 les premières mesures radiogéologiques (4), est devenue l'un des terrains où les élèves ingénieurs-géophysiciens de Strasbourg exécutent leurs travaux pratiques. La carte d'isorades fig. 1 a été levée en 1948 par un groupe d'élèves ; on y a également reporté l'emplacement des stations 4 et 5 étudiées dans le présent mémoire.

Roches à grain très fin, de teinte plus ou moins rose, assez comparables à des microgranites. Les rhyolites de Welschbruch (station 4) et d'Eftermatten (station 7) sont probablement en liaison avec la masse rhyolitique qui couronne le Rosskopf. Appelées « granophyres » par Rosenbusch elles ont été rangées parmi les rhyolites par J. de Lapparent qui considère qu'elles sont d'âge hercynien et non permien comme on l'avait cru autrefois. (5).

A Eftermatten, G. Dubois pense qu'il peut s'agir de sillons injectés au travers des schistes de Steige. Les terrains encaissants sont soit du granite type Hohwald (stations 5 et 6), soit des schistes (station 8).

4. — a) carrière de rhyolite, au km 2,430 route de Welschbruch au Hohwald, à 950 m. du col ; X = 470,720 ; Y = 179,860  
b) filon de rhyolite fluidale  
c) 82,4 — 71,0 ; 80,2 — 70,3 ; 82,4 — 60,0 (20 min.) ; 81,2 — 58,8 (20 min.) ; 82,0 — 70,5 ; 80,9 — 69,2 ; 82,0 — 59,4 (20 min.) ; 80,9 — 58,8 (20 min.) ; K = 22,4



- c) 77,3 — 72,3 ; 76,9 — 71,5 ; 77,3 — 67,2 (20 min.) ; 76,9 — 66,8 (20 min.) ; K = 10,2  
d) 25 ; 25 ; 20 ; 15 ; 20 ; 18 ; 19 ; 15 ; 28 ; 14 ; 22 ; 26 ; 12 ; 20 ; 17 ; 16 ; N = 19,5  
e) K = 10 à 10,7 (mesures aux environs du chalet de Welschbruch : 4, p. 9).
7. — a) Carrière de rhyolite d'Eftermatten, route d'Andlau au km 15,960 ; au fond de la carrière sur la roche en place ; X = 472,170 ; Y = 177,560  
b) Rhyolite rose  
c) 91,4 — 78,7 ; 90,2 — 77,1 ; 91,4 — 66,5 (20 min.) ; 90,2 — 65,0 (20 min.) ; K = 25,2  
d) 35 ; 42 ; 41 ; 39 ; 39 ; 45 ; 42 ; 49 ; 33 ; 38 ; 35 ; 39 ; 42 ; 40 ; 42 ; 41 ; 44 ; N = 41
8. — a) Même carrière, à gauche sur un piton formé de schistes ; X = 472,160 ; Y = 177,560  
b) schistes de Steige métamorphisés ; la rhyolite paraît injectée à l'intérieur d'une masse de schistes.  
c) 79,3 — 70,9 ; 78,2 — 69,4 ; K = 17,2  
d) 27 ; 38 ; 24 ; 31 ; 33 ; 30 ; 27 ; 28 ; 26 ; 24 ; 25 ; N = 28,5

### C. — RÉGION DE SAINTE-MARIE-AUX-MINES

Les stations 9 à 15 sont faites dans la grande carrière de granite à amphibole de Brifosse. Les coordonnées des stations sont indiquées par rapport au point marqué par une pancarte à l'entrée du pont, en face de la carrière et à gauche de la route allant de Sainte-Marie-aux-Mines à Saint-Dié ; les coordonnées de ce point (lues sur la carte au 1/20.000<sup>e</sup>, Saint-Dié 7-8) sont : X = 457,470 ; Y = 160,540. Le granite de Brifosse a déjà fait l'objet d'une description (4, p. 11 ; 6) : c'est un granite porphyroïde, dit « des Crêtes », caractérisé par l'amphibole hornblende. L'apatite et les zircons y sont abondants.

A Brifosse même, E. Rothé et A. Hée avaient trouvé pour K des nombres variant entre 30,4 et 34,3 suivant l'emplacement occupé (6) ; les chiffres obtenus en 1950 varient entre 26,0 et 33,0.

La station 16 correspond sensiblement à la station VII mesurée par ces deux auteurs en 1936. Les autres stations ont été placées soit sur du granite des crêtes (st. 17 et 18), soit sur un filon de Kersantite (st. 19 et 20), soit enfin sur le granite de Dambach-Châtenois (st. 21 et 22).

9. — a) Bloc en place à gauche de l'entrée de la chambre à explosif ; X = 457,465 ; Y = 160,602  
b) granite des crêtes  
c) 101,4 — 88,2 ; 97,9 — 85,2 ; K = 26,0  
d) 58 ; 47 ; 57 ; 45 ; 50 ; 43 ; 47 ; 48 ; 52 ; 52 ; 53 ; N = 48
10. — a) en dessous du piton central, sur de gros blocs éboulés ; X = 457,453 ; Y = 160,615  
b) granite des crêtes  
c) 92,4 — 78,8 ; 91,3 — 77,3 ; K = 27,6  
d) 43 ; 40 ; 37 ; 53 ; 38 ; 48 ; 49 ; 44 ; 50 ; N = 45
11. — a) Contre la paroi principale, sous un surplomb, à proximité d'un filon de barytine ; X = 457,445 ; Y = 160,643  
b) granite des crêtes et barytine en filon  
c) 76,1 — 60,9 ; 74,1 — 59,3 ; K = 30,0  
d) 46 ; 48 ; 44 ; 40 ; 37 ; 52 ; 57 ; 46 ; 49 ; N = 46
12. — a) derrière le piton central sur un bloc en place et à proximité du mur de la carrière ; X = 457,460 ; Y = 160,625  
b) granite des crêtes  
c) 80,2 — 63,3 ; 78,0 — 61,8 ; K = 33,0  
d) 54 ; 42 ; 54 ; 44 ; 49 ; 35 ; 40 ; 59 ; 40 ; N = 46,3

13. — a) à droite de l'entrée de la chambre à explosifs, sur des blocs rapportés; X=457,470; Y=160,595  
b) granite des crêtes  
c) pas de mesures  
d) N (moyenne) = 49
14. — a) entre les stations 9 et 10, sur des éboulis au bas de la carrière; X=457,461; Y=160,605  
b) granite des crêtes  
c) 106,0—89,6; 104,5—88,4; K=32,5  
d) 50; 55; 48; 44; 45; 48; 54; N=49
15. — a) Dans la chambre à explosifs, avant la deuxième porte sur de la roche en place à droite et au sol; X=457,473; Y=160,602  
b) granite des crêtes  
c) 73,6—54,9; 71,6—53,0; K=37,2  
d) 49; 49; 52; 48; 54; 54; 58; 53; N=52
16. — a) Sur le sentier allant de la carrière de Brifosse vers Fénarupt, à 450 pas de l'entrée de la carrière, à l'intersection d'un sentier abrupt descendant vers Ste-Marie; X=457,710; Y=160,780.  
b) gneiss; la faille principale séparant du gneiss le massif granitique « des crêtes » passe à environ 50 mètres à l'ouest de la station; un profil radiogéologique avait été effectué en travers de cette faille en 1936 (6).  
c) 74,8—68,6; 73,8—68,0; K=12,0  
d) 27; 22; 29; 30; 22; 25; 22; 23; 24; N=25  
e) K=13,6 (6)
17. — a) Col de Sainte-Marie (ou de Saint-Dié), dans la carrière à 80 m. du col en direction de Saint Dié, sur des bancs rocheux en place; X=455,200; Y=160,630  
b) granite des crêtes  
c) 84,3—69,4; 82,7—67,9; K=29,6  
d) 43; 48; 41; 40; 42; 49; N=44
18. — a) même carrière, à droite sur de l'arène granitique; X=455,205; Y=160,625  
b) sable granitique  
c) 76,3—62,0; 75,0—60,1; K=29,4  
d) 48; 50; 45; 56; 42; 46; 42; 48; 49; N=47
19. — a) carrière de la Pépinière, à 1900 m. en aval du col de Sainte-Marie, en direction de Sainte-Marie; X=456,780; Y=160,965  
b) Kersantite (blocs en tas): roche filonienne lamprophyrique contenant un pyroxène (diopside) et une grande quantité de biotite; teinte brun foncé  
c) 106,4—96,8; 105,5—95,4; K=19,6  
d) Moy. 9 lectures: N=27,4
20. — a) même carrière, plus à droite et en haut contre le mur de la carrière; X=456,790; Y=160,980  
b) kersantite (en place)  
c) 85,9—75,9; 84,8—74,8; K=20,0  
d) Moy. 9 lectures: N=30,4

21. — a) Carrière de Châtenois, à l'entrée du village en venant de Lièpvre, sur une croupe étroite de roche en place à droite de la carrière ;  $X=474,550$  ;  $Y=164,325$   
b) granite type Dambach, à biotite et à grain grossier (5)  
c) 81,8—68,0 (12 min.) ; 79,8—66,1 (12 min.) ;  $K=23,0$   
d) Moy. 9 lectures :  $N=38,0$
22. — a) même carrière, sur un tas de moellons au fond de la carrière, un peu à gauche de la station précédente ;  $X=474,555$  ;  $Y=164,320$   
b) granite type Dambach, à biotite et à grain grossier (5)  
c) pas de mesures  
d) 43 ; 44 ; 38 ; 47 ; 39 ; 37 ; 38 ; 43 ; 38 ;  $N=40,7$ .

## II. — Comparaison électromètre-gammamètre

Le gammamètre utilisé est du type A.V.P. 300 décrit dans l'ouvrage déjà signalé (2). Nous avons exécuté 19 stations doubles, le gammamètre et l'électromètre étant placés l'un à côté de l'autre sur le banc rocheux à mesurer ; 12 de ces stations avaient déjà été occupées pendant les mesures au gammaphone. Nous avons en outre utilisé le gammamètre seul en 7 autres nouvelles stations.

Nous croyons utile de donner ici à titre d'exemple le détail de toutes les mesures : en chaque station 20 lectures espacées de 10 secondes les unes des autres ont été faites au gammamètre ; le déplacement des fils de quartz de l'électromètre Kolhörster a été mesuré au bout de plusieurs périodes de 10 minutes par deux ou trois observateurs différents.

### Résultat des mesures. (28 septembre, 2 et 3 octobre 1950)

Pour chaque station on indique :

- a) et b) voir plus haut
- c) le nombre  $K$  d'ions  $\text{cm}^3/\text{s}$ . obtenu comme il est dit plus haut en utilisant l'électromètre de Kolhörster ; le nombre indiqué est la moyenne de 2 ou 3 lectures indépendantes.
- e) comme plus haut, le nombre  $K$  mesuré par E. Rothé et Mme A. Hée.
- f) les 20 lectures espacées de 10 en 10 secondes faites au gammamètre, exprimées en chocs-seconde et leur moyenne  $M$  (mouvement propre du lieu de mesure).
- g) les 10 lectures espacées de 10 en 10 secondes faites en utilisant l'étalon (source de 49  $\mu\text{g}$ . de radium) et leur moyenne  $E$ .
- h) la valeur moyenne corrigée  $X$  (en chocs-secondes). On a :

$$X = \frac{M \cdot N}{E - M} \quad (\text{Pour l'étalon utilisé : } N = 56)$$

La valeur  $E - M$  varie entre 65 et 70 ; pour les stations où l'opération g) n'a pas été faite on a pris :

$E - M = 66$  pour les stations 18, 23, 24, 26 et 28  
et  $E - M = 68$  pour les stations 30, 31 et 32

### A. — MASSIF DU HOHWALD—SAINTE-ODILE

- 4 bis. — a) et b) comme plus haut  
c)  $K=13,0 \pm 0,2$  (13,2 le 30 mai 1950)  
f) 16,3 ; 17,5 ; 17,8 ; 19,0 ; 17,5 ; 18,0 ; 18,0 ; 17,0 ; 16,0 ; 15,8 ; 16,0 ; 18,2 ; 17,5 ; 18,0 ; 17,0 ; 16,8 ; 19,0 ; 17,5 ; 18,2 ; 16,5 ;  $M=17,4 \pm 0,9$   
g) 88,0 ; 89,0 ; 82,0 ; 84,0 ; 86,0 ; 86,0 ; 88,0 ; 86,0 ; 84,0 ; 78,0 ;  $E=85,1$   
h)  $X=14,3 \pm 1,4$

2. — a) et b) comme plus haut

c)  $K = 12,3 \pm 0,2$  (9,8 le 30 mai 1950)

e)  $K = 10,5$  (4, p. 9)

f) 17,0; 19,5; 18,0; 16,5; 17,8; 18,8; 16,0; 17,8; 19,8; 20,0; 20,5; 18,8; 17,8;  
16,2; 16,5; 18,0; 19,9; 17,2; 18,0; 19,5;  $M = 18,2 \pm 1,3$

g) 84,0; 81,0; 80,0; 85,0; 80,0; 86,0; 88,0; 86,5; 83,0; 87,0;  $E = 84,0$

h)  $X = 15,5 \pm 1,7$

3. — a) et b) comme plus haut

c)  $K = 6,9 \pm 0,2$  (5,7 le 30 mai 1950)

e)  $K = 5,4$  (4, p. 9)

f) 9,8; 8,0; 11,0; 9,3; 9,5; 9,8; 10,8; 9,5; 8,5; 9,7; 10,3; 10,2; 9,0; 7,9; 9,2;  
8,1; 10,3; 9,8; 10,0; 8,1;  $M = 9,4 \pm 0,9$

g) 80,0; 73,0; 74,0; 77,0; 75,0; 79,5; 81,0; 80,0; 75,0; 80,0;  $E = 77,5$

h)  $X = 7,7 \pm 1,3$

B. — FILONS DE RHYOLITE ET TERRAINS ENCAISSANTS

4. — a) et b) comme plus haut

c)  $K = 21,4 \pm 0,4$  (22,4 le 30 mai 1950)

e)  $K = 18,3$  à 21,6 (4)

f) 35,0; 36,5; 38,0; 35,8; 36,2; 33,9; 32,7; 34,0; 35,8; 35,0; 34,5; 34,5; 37,3; 35,0;  
33,2; 31,8; 36,5; 37,2; 36,0; 38,4;  $M = 35,4 \pm 1,7$

g) 104; 97; 101; 99; 94; 99; 102; 95; 100; 100;  $E = 99,1$

h)  $X = 31,0 \pm 2$

5. — a) et b) comme plus haut

c)  $K = 7,3 \pm 0,2$  (7,4 le 30 mai 1950)

e) 8,2 (4)

f) 12,0; 10,0; 11,0; 12,7; 13,5; 11,7; 11,6; 10,2; 9,2; 11,0; 9,5; 9,2; 11,8; 9,4;  
9,2; 10,2; 10,0; 9,7; 9,0; 10,0;  $M = 10,55 \pm 1,25$

g) 78; 74; 75; 78,5; 74; 80; 77; 74; 76,5; 78;  $E = 76,5$

h)  $X = 8,9 \pm 1,7$

6. — a) et b) comme plus haut

c)  $K = 10,8 \pm 0,4$  (10,2 le 30 mai 1950)

f) 16,0; 16,3; 14,0; 15,2; 14,0; 14,3; 15,5; 13,7; 14,5; 13,0; 14,6; 15,3; 14,7;  
13,6; 13,9; 14,0; 13,9; 13,3; 13,8; 12,4;  $M = 14,3 \pm 1,0$

g) 86; 80; 88; 84; 81; 82; 86; 84;  $E = 83,2$

h)  $X = 11,6 \pm 1,8$

7. — a) à environ 2 mètres de l'emplacement 7 (voir plus haut)

b) même roche qu'à la station 7: rhyolite hercynienne rose foncé

c)  $K = 24,1 \pm 0,2$  (25,2 le 30 mai 1950 à la station 7)

f) 33,0; 32,3; 32,4; 33,0; 32,1; 35,0; 32,5; 33,0; 34,0; 35,0; 34,7; 35,4; 34,0; 35,7;  
30,0; 33,0; 34,0; 33,2; 32,5; 33,5;  $M = 33,4 \pm 1,3$

g) 100; 96; 98; 97; 99; 100; 98; 104; 101; 96;  $E = 98,9$

h)  $X = 27,9 \pm 1,5$

C. — RÉGION DE SAINTE-MARIE-AUX-MINES ET BASSIN DE SAINT-DIÉ.

- 12 — a) et b) comme plus haut  
c)  $K = 29,0 \pm 0,4$  (33,0 le 8 juin 1950)  
e)  $K = 30,3$  à  $34,3$  (8)  
f) 40,0; 39,0; 38,0; 38,0; 41,2; 38,0; 38,2; 36,3; 40,0; 38,1; 39,2; 39,5; 40,1; 40,7; 41,4; 39,8; 37,7; 42,5; 42,2; 43,0;  $M = 39,7 \pm 1,2$   
g) 101; 106; 106; 105; 106; 108; 102; 107; 102; 104;  $E = 104,7$   
h)  $X = 34,2 \pm 2$
15. — a) et b) comme plus haut (à l'intérieur de la chambre à explosifs de la carrière de Brifosse)  
c)  $K = 36,2 \pm 1,0$  (37,2 le 8 juin 1950)  
f) 50,0; 55,0; 50,3; 48,1; 56,5; 52,2; 48,0; 51,0; 54,0; 54,0; 51,0; 54,5; 51,8; 49,5; 48,5; 50,0; 52,5; 53,2; 49,8; 47,5;  $M = 51,4 \pm 2$   
g) 114; 118; 116; 118; 114; 114; 119; 118; 118; 118;  $E = 116,7$   
h)  $X = 44,0 \pm 2,5$
17. — a) et b) comme plus haut  
c)  $K = 30,3 \pm 0,2$  (29,6 le 8 juin 1950)  
f) 42,0; 41,2; 43,5; 43,5; 43,2; 42,0; 44,5; 43,2; 48,0; 44,0; 42,2; 41,8; 42,5; 44,5; 42,4; 41,8; 42,2; 44,2; 45,4; 42,3;  $M = 43,2 \pm 1,8$   
g) 107; 110; 112; 106; 111,8; 104; 108,5; 115; 112,0; 109,5;  $E = 109,6$   
h)  $X = 36,8 \pm 2,5$
- 18 — a) et b) comme plus haut  
f) 38,2; 40,0; 40,0; 42,0; 38,0; 38,2; 40,0; 40,5; 36,4; 41,8;  $M = 39,5$   
h)  $X = 33,5$
20. — a) et b) comme plus haut  
c)  $K = 19,4 \pm 0,2$  (20,0 le 8 juin 1950)  
f) 28,0; 28,0; 28,0; 28,2; 24,2; 27,5; 30,5; 29,0; 30,5; 28,0; 28,5; 28,0; 26,4; 30,0; 30,4; 25,0; 32,0; 28,2; 27,8; 29,6;  $M = 28,4 \pm 1,5$   
g) 90; 88; 92; 89,5; 92; 92,8; 92,4; 88,5; 90; 92;  $E = 90,7$   
h)  $X = 25,0 \pm 2$
21. — a) et b) comme plus haut  
c)  $K = 20,2 \pm 0,3$  (23,0 le 8 juin 1950)  
f) 36,0; 34,2; 30,8; 30,0; 29,7; 29,6; 32,5; 33,6; 33,5; 33,8; 32,0; 34,2; 31,0; 30,5; 28,2; 33,8; 31,8; 30,2; 32,2; 34,0;  $M = 32,1 \pm 2$   
g) 96; 95; 89; 96; 93,8; 96; 97; 98; 94; 93;  $E = 94,8$   
h)  $X = 28,7 \pm 3$
23. — a) Route nationale de Sainte-Marie à Saint-Dié, au km 29,240; à 900 m. au NE de l'église de Ban de Laveline et à 640 m. à l'Est du carrefour du Giron;  $X = 450,780$ ;  $Y = 161,320$ ; escarpement rocheux au Nord de la route à 1 m. 50 au-dessus du niveau du sol herbeux.  
b) granite à grain fin en filonnet dans la masse gneissique; le granite a partiellement « digéré » le gneiss.  
f) 20,8; 21,7; 20,0; 22,0; 20,5; 18,5; 20,0; 21,9; 22,0; 22,0; 20,0; 21,2; 21,2; 20,0; 19,8; 23,8; 21,6; 20,2; 24,0; 22,0;  $M = 21,1$   
h)  $X = 18 \pm 2$

24. — a) même escarpement rocheux qu'à la station 23, mais à 0,50 m. seulement du niveau du sol herbéux.  
b) roche hétérogène plus granitique qu'à la station 23.  
f) 24,2; 25,2; 27,3; 28,2; 24,0; 25,8; 26,0; 26,2; 27,1; 28,2; 26,0; 27,0; 26,2; 29,6; 29,8; 25,7; 27,0; 28,5; 26,5; 25,5; M = 26,7  
h) X = 23
25. — a) Route de Sainte-Marguerite à Saulcy-sur-Meurthe; au km 8,850, à 110 m. au Sud du pont de chemin de fer; la station est dans un pré à 20 m. au SE de la route; X = 443,840; Y = 162,825  
b) arkose rouge permienne, contenant des débris de roches granitiques.  
c) K = 10,8 ± 0,4  
e) K = 7,9 à 9,4 (4, p. 13 et 20, région d'Étival-Saint-Michel-sur-Meurthe).  
f) 14,0; 15,0; 14,4; 16,2; 16,5; 16,3; 13,8; 12,7; 14,0; 16,0; 14,1; 14,8; 15,0; 14,8; 14,8; 14,3; 14,0; 15,0; 15,7; 16,0; M = 14,9 ± 1,5  
g) 83; 82; 79; 79; 82; 76; 81,7; 83,7; 86,0; 86,2; E = 81,9  
h) X = 12,5 ± 1,8

D. — HAUTES-VOSES

Les stations 26 à 29 ont été faites le long de la route de Gerbépal à la Schlucht par le Saut des Cuves; elles intéressent un vaste complexe de gneiss-granites.

Les stations 30 à 32 exécutées aux environs du Rothenbachkopf ont déjà fait l'objet d'une étude (4, p. 10-11).

Les stations 33 et 34 intéressent le granite des crêtes au voisinage du Mohneck et de la Schlucht; la station 35 a été faite au débouché de la vallée de la Fecht dans la plaine, dans la grande carrière granitique de Wintzenheim.

26. — a) Escarpement à gauche de la route de Gerbépal au col de Martimprey, au km 9,160 (à 2750 m. au SSW de l'église de Gerbépal); X = 438,950; Y = 147,640  
b) gneiss (migmatite)  
f) 20,5; 21,0; 20,3; 21,7; 22,0; 17,8; 19,0; 18,8; 22,4; 19,0; 20,6; 21,2; 23,8; 21,0; 22,0; 21,7; 23,5; 22,0; 23,2; 19,5; M = 21,2  
h) X = 18
27. — a) même route; carrière au km 11,460 (à 820 m. au NNE de la maison forestière de Martimprey); X = 438,835; Y = 145,480  
b) Migmatite (gneiss typique d'anatexie)  
c) K = 11,8 ± 0,5  
f) 17,5; 17,0; 16,0; 16,8; 17,0; 19,5; 17,0; 17,0; 18,0; 17,2; 18,0; 17,8; 17,9; 18,2; 17,8; 16,3; 18,0; 18,2; 19,8; 20,0; M = 17,7 ± 1  
g) 85,5; 82,8; 83,0; 80,0; 83,4; 82,0; 83,0; 80,4; 78,0; 82,0; E = 82,0  
h) X = 15,5 ± 1,5
28. — a) sur l'escarpement d'aspect rougeâtre formant l'une des parois ouest du « Saut des Cuves » (1200 m. à l'WNW de l'église de Xonrupt); X = 438,600; Y = 143,000  
b) microgranite très micacé  
c) K = 23,7 ± 0,3  
f) 39,0; 36,0; 37,8; 40,6; 38,0; 39,0; 36,6; 37,0; 36,0; 36,0; 35,8; 37,0; 38,0; 40,0; 37,2; 40,1; 37,5; 36,4; 33,9; 37,0; M = 37,6 ± 1,7  
h) X = 32,0

29. — a) Route de Longemer à la Schlucht; sur le tunnel routier de la Roche du Diable;  
X=443,940; Y=140,580  
b) granite à deux micas analogue au granite type Brézouard  
c)  $K=13,3 \pm 0,6$   
f) 22,5; 21,7; 20,2; 21,0; 20,8; 21,8; 20,6; 19,2; 19,0; 21,0; 20,5; 21,0; 20,7;  
21,4; 18,6; 19,2; 20,4; 18,6; 19,2; 21,7;  $M=20,5 \pm 1,3$   
g) 92; 94; 87,5; 96; 89; 92; 88,5; 90; 92,4; 92,5;  $E=91,4$   
h)  $X=16,2 \pm 1,7$
30. — a) à 20 pas à gauche du sentier (bordé d'une barrière métallique) montant du col au som-  
met du Rothenbachkopf et à 180 m. au Sud du col; X=443,640; Y=134,060  
b) granite altéré; faciès de bordure du granite des crêtes  
c)  $K=18,9$  à  $20,4$  (4, p. 11).  
f) 23,0; 25,0; 22,0; 24,8; 26,0; 26,8; 24,2; 24,0; 23,7; 27,0; 23,0; 22,8; 23,5; 24,5;  
26,3; 23,0; 26,0; 25,8; 26,0; 24,2;  $M=24,6 \pm 1,7$   
h)  $X=20 \pm 2$
31. — a) sur le flanc NE du pignon terminal du Rothenbachkopf, à quelques mètres du sommet;  
X=443,700; Y=133,780  
b) grauwackes  
c)  $K=9,5$  (4, p. 10)  
f) 11,8; 12,0; 10,0; 11,0; 10,8; 8,2; 11,7; 10,3; 10,5; 9,8; 10,4; 11,2; 9,0; 9,2;  
10,0; 10,8; 10,0; 11,0; 10,0; 11,8;  $M=10,5 \pm 1,5$   
h)  $X=8,6 \pm 2$
32. — a) Sur le sentier descendant du col de Rothenbach vers Mittlach à 140 pas du tourni-  
quet dans la barrière métallique; X=443,730; Y=134,160  
b) granite des crêtes, faciès de bordure  
c)  $K=22,3$  (4, p. 11)  
f) 28,0; 32,1; 27,7; 27,8; 28,0; 26,4; 29,0; 29,5; 29,0; 27,8; 26,0; 28,0; 26,5;  
26,4; 27,2; 32,0; 31,0; 32,0; 30,0; 26,2;  $M=28,6 \pm 2$   
h)  $X=23,6 \pm 2,5$
33. — a) A 250 m. au SE de la table d'orientation du sommet du Hohneck, à la rupture de  
pente de l'éperon qui descend vers le Schiessrotfried; X=446,580; Y=137,600  
b) granite des crêtes (granite porphyroïde des Vosges centrales)  
c)  $K=19,9 \pm 0,3$   
f) 32,2; 29,8; 34,0; 31,8; 30,7; 28,8; 30,2; 31,0; 32,0; 28,2; 31,7; 30,0; 31,5;  
30,0; 30,0; 31,8; 32,5; 31,5; 32,0; 30,0;  $M=31,0 \pm 1,5$   
g) 99,5; 100,5; 97,0; 102,5; 99,0; 100,3; 100,5; 100,5; 100,2; 103,0;  $E=100,3$   
h)  $X=25,0 \pm 1,8$
34. — a) Route de la Schlucht à Munster, 100 m. en amont du tunnel de l'Altenberg, escarpement  
à gauche de la route; X=447,370; Y=140,740  
b) granite des crêtes  
c)  $K=17,5 \pm 0,4$   
f) 28,5; 29,6; 30,0; 28,0; 27,5; 26,0; 30,5; 31,8; 26,0; 29,6; 28,0; 31,5; 27,0;  
28,5; 30,2; 26,0; 25,8; 29,0; 30,2; 27,5;  $M=28,6 \pm 1,7$

- g) 98; 101; 100; 99; 98; 90; 92; 92; 96; 99; 100; 98; 102; 95; 92,5; 93; 93;  
96; 100; 96; E=96,5  
h) X=23,6

35 - a) Route de Munster à Colmar; grande carrière à 1700 m. à l'WNW de l'église de Wintzenheim et à 1500 m. au SW de l'église de Turckheim, sur un banc rocheux au fond de la carrière; X=465,150; Y=141,900

b) granite gneissique

c)  $K=13,2 \pm 0,4$

f) 23,8; 21,7; 20,0; 21,7; 18,8; 20,2; 22,0; 23,8; 21,7; 19,5; 20,6; 23,4; 17,8;  
19,6; 20,2; 20,2; 21,4; 21,8; 20,0; 23,0;  $M=21,1 \pm 2$

g) 90; 92; 90,5; 89; 84; 86,5; 88; 93; 94; 90; E=89,7

h) X=17,2

### III. -- Conclusions

1°) D'une manière générale les lectures au gammaphone et à l'électromètre ont fourni des mesures très suffisamment concordantes. Les données précédentes ont permis la construction du graphique fig. 2 où on a porté en abscisses les valeurs de K (électromètre Kohlörster) et en coordonnées les valeurs de N (gammaphone). On constate que la variation de N est une fonction linéaire de celle de K, tout au moins pour les valeurs de K inférieurs à 30.

On a approximativement  $N = 1,4 K + 6$ .

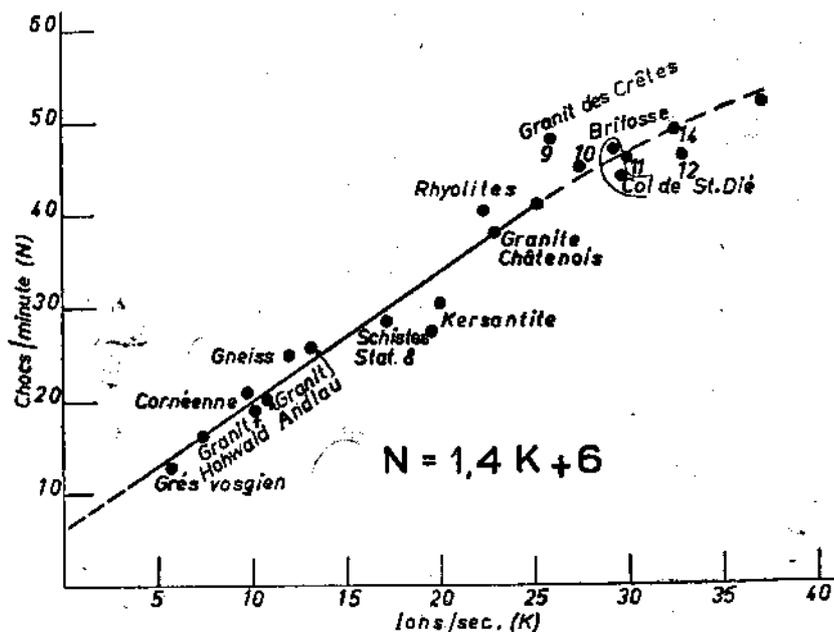


FIG. 2. — Comparaison électromètre (K) - gammaphone (N).

Le gammaphone plus léger et spécialement conçu pour la prospection sur le terrain est plus facilement transportable que l'électromètre. Cependant son emploi ne permet pas de réaliser un gain de temps appréciable car une détermination précise du nombre moyen N de chocs-minute exige que les mesures soient poursuivies pendant une dizaine de minutes; c'est le temps nécessaire pour faire une observation complète à l'électromètre. La mesure au gammaphone est beaucoup plus absorbante qu'à l'électromètre car elle exige le dénombrement par l'opérateur de tous les

chocs entendus à l'écouteur. Il est parfois difficile lorsqu'une série de chocs se font entendre dans un temps très court d'en déterminer le nombre exact. Cet inconvénient est évidemment supprimé dans les appareils du type gammamètre.

Il convient d'insister sur l'irrégularité du rayonnement: il arrive que, même sur une roche relativement active, l'écouteur du gammaphone reste silencieux pendant une dizaine de secondes ou davantage. Des déterminations du nombre N faites toutes les minutes montrent des variations importantes (voir plus haut le détail des mesures, en particulier la détermination du nombre N à la station 6). Ces irrégularités entraînent l'obligation de poursuivre les lectures aussi longtemps que possible et pendant au moins 10 minutes.

2°) Les résultats fournis par le gammamètre et l'électromètre sont directement comparables. Le graphique fig. 3 est construit d'après les données des mesures effectuées aux 19 stations doubles. On a sensiblement  $X = 1,25 K$

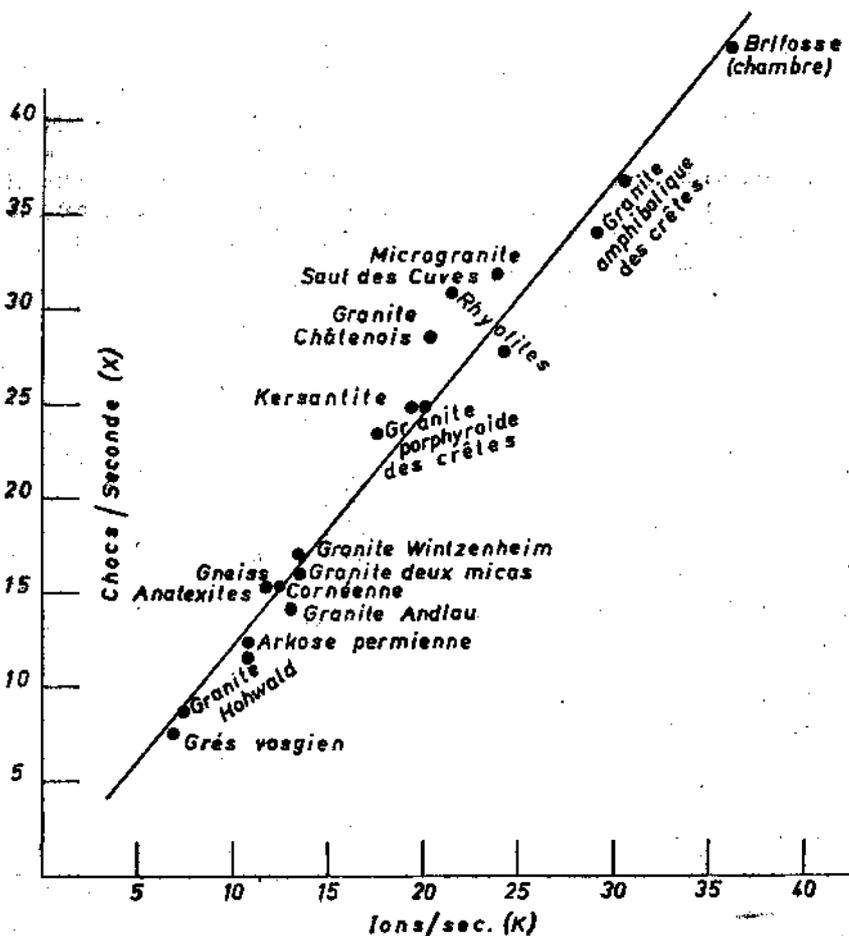


Fig. 3. — Comparaison électromètre (K) - gammamètre (X)

L'emploi du gammamètre sur le terrain est très commode et la mesure beaucoup plus rapide que celle faite à l'électromètre: le gammamètre est un excellent appareil de prospection et de reconnaissance rapide des propriétés radioactives des roches et des filons; l'électromètre reste cependant un bon appareil, d'emploi facile, pour l'étude sur le terrain de la radioactivité des grandes unités pétrographiques.

3°) Nos mesures confirment entièrement les résultats obtenus en 1935 et 1936. Les écarts.

entre les valeurs trouvées pour K il y a 15 ans et au cours de la présente prospection sont souvent *inférieurs à une unité* bien que les emplacements des stations ne soient pas rigoureusement les mêmes.

4<sup>b</sup>) Les mesures ci-dessus avaient surtout pour but de comparer entre eux les différents appareils mais elles montrent une fois de plus qu'un type de roche aux caractères pétrographiques déterminés possède un rayonnement radioactif caractéristique.

Les valeurs trouvées à plusieurs kilomètres de distance sur un même massif restent très voisines alors que les écarts peuvent, *sur quelques mètres*, dépasser 20 unités (au gammamètre) lorsque le type de roche change brusquement. Les figures 2 et 3 en témoignent comme aussi le tableau I où les roches sont classées d'après leur radioactivité croissante.

**TABLEAU I**

STATION	NATURE DE LA ROCHE ET LIEU	X gamma- mètre	N gamma- phone	K		K mesures anciennes
				électromètre		
3 31	Grès vosgien. Grauwacke.	7,7	13	6,9	5,7	5,4
		8,6	—	—	—	9,5
5 6	Granodiorite Welschbruch. Granite Hohwald.	8,9	16,4	7,3	7,4	8,2
		11,6	19,5	10,8	10,2	10 à 10,7
25	Arkose permienne.	12,5	—	10,8	—	7,9 à 9,4
1 bis	Granite Andlau.	14,3	25,7	13,0	13,2	—
27	Gneiss anatexie.	15,5	—	11,8	—	—
2	Cornéenne (Kirneck).	15,5	21	12,3	9,8	10,5
18	Gneiss (Brifosse).	—	25	—	12,0	13,6
29	Granite à deux micas.	16,2	—	13,3	—	—
33	Granite gneissique (Wintzenheim).	17,2	—	13,2	—	—
26	Migmatite.	18	—	—	—	—
23	Granite gneissique.	18	—	—	—	—
32	Granite des crêtes (Rothenbach).	23,6	—	—	—	18,9 à 22,3
34	Granite des crêtes (Schlucht).	23,6	—	17,5	—	—
33	Granite des crêtes (Höhneck).	25,0	—	19,9	—	—
21	Granite des crêtes (Châtenois).	28,7	38,0	20,2	23,0	—
20	Kersantite.	25,0	30,4	19,4	20,0	—
7	Rhyolite Estermatten.	27,9	41	24,1	25,2	—
4	Rhyolite Welschbruch.	31,0	40,3	21,4	22,4	18,3 à 21,6
28	Microgranite (Saut des Cuves).	32,0	—	23,7	—	—
10	Granite amphibolique des crêtes.	—	45	—	27,6	—
18	id. (col de St-Dié).	33,5	47	—	29,4	—
12	id. (Brifosse).	34,2	46,3	29,0	33,0	30,4 à 34,3
14	id. (Brifosse).	—	49	—	32,5	—
17	id. (col de St-Dié).	36,8	44	30,3	29,6	—

Ces mesures — et celles faites autrefois par E. Rothé et ses collaborateurs — sont encore insuffisantes en nombre pour l'interprétation de la radioactivité des Vosges hercyniennes.

On sait que les géophysiciens de l'Université de Toronto, Keevil, Ingham, Slack (7) ont cherché à étudier en détail la répartition de la radioactivité dans les batholites précambriens du bouclier canadien par la mesure au laboratoire du rayonnement  $\alpha$  de nombreux échantillons récoltés sur le terrain. Nous pensons de notre côté que l'étude systématique, par des mesures sur les bancs rocheux eux-mêmes, de la répartition géographique des variations du rayonnement gamma des magmas éruptifs vosgiens serait fructueuse et susceptible d'apporter aux pétrographes des éléments nouveaux d'interprétation.

Nous remercions le Professeur H. Forestier, auquel nous devons d'avoir pu utiliser le gamma-  
phone étudié, le Professeur M. Roubault qui a bien voulu mettre à notre disposition un gamma-  
mètre et M. R. Weil dont la connaissance pétrographique des environs de Sainte-Marie-aux-Mines  
a été mise par nous à contribution.

---

### Bibliographie

---

1. — E. ROTHÉ et Mme A. HÉE, sur la prospection radiométrique d'une coulée de rhyolite, *Comptes-Rendus Ac. Sc.*, t. 201, 1935, pp. 892-893.
2. — E. ROTHÉ et J. P. ROTHÉ, Prospection géophysique, tome I, Gauthier-Villars, édit., Paris, 1950; voir le chapitre IV, prospections par la radiation pénétrante, pp. 393-408.
3. — D. MILCOVEANU, Contribution à l'étude des substances naturelles, applications à la prospection géophysique par les radiations pénétrantes, *Thèse Fac. Sc. Strasbourg*, 1941, E. Vitte, édit., Lyon 1941, 166 pages.
4. — E. ROTHÉ et Mme A. HÉE, Etudes géoradiologiques sur les roches d'Alsace et des Vosges, *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, Nouvelle Série, t. 1, 3<sup>e</sup> partie (Géophysique), pp. 7-24.
5. — J. JUNO, Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace, *Mémoires du Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine*, N<sup>o</sup> 2, Strasbourg 1928, 481 pages.
6. — E. ROTHÉ et Mme A. HÉE, Etude d'une zone de contact de granite-gneiss par l'observation des rayons pénétrants, *Comptes-Rendus Ac. Sc.*, t. 203, 1936, pp. 268-270.
7. — H. A. SLACK, Radioactivity Measurements in the Kirkland Lake Area, Northern Ontario, *Trans. Amér. Geophys. Union*, vol. 30, 1949, pp. 867-874, 3 fig.

# Les précipitations atmosphériques en Alsace et Lorraine

## Moyennes pluviométriques 1911-1940

PAR R. LECOLAZET

Maître de Conférences à l'Université de Strasbourg

### Introduction.

Les observations pluviométriques poursuivies d'une façon aussi régulière que possible dans les stations du réseau climatologique d'Alsace et de Lorraine sont publiées en détail chaque année dans les *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Première Partie, Météorologie* (1). Nous disposons aujourd'hui d'une série d'observations qui permet le calcul des moyennes pluviométriques 1911-1940, calcul qui constitue le complément de celui effectué par E. Wagner pour la période 1891-1910.

Les seules études complètes et précises que nous possédions en effet jusqu'ici sur la répartition de la pluie et les régimes pluviométriques en Alsace et Lorraine sont celles de E. Wagner [1] et de G. Rempp [2]. Elles sont basées sur les mêmes données : les moyennes de la période 1881-1910, calculées par E. Wagner pour une soixantaine de stations, assez régulièrement réparties. Les deux ouvrages cités étant actuellement à peu près introuvables, nous résumerons ci-dessous, en guise d'introduction, les conclusions tirées de leur étude par ces deux auteurs.

### I. — LES MOYENNES 1881-1910 ET LES CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES PRÉCIPITATIONS EN ALSACE ET LORRAINE

#### I. — Répartition géographique des hauteurs moyennes annuelles de pluie.

La présence des massifs des Vosges et, dans une moindre mesure, de la Forêt-Noire, orientés presque perpendiculairement aux vents dominants en altitude exerce sur la répartition des pluies dans notre région une influence essentielle. Nous n'insisterons pas ici sur l'origine, bien connue, des pluies de relief et de « l'ombre pluviale » des chaînes montagneuses, nous nous bornerons à en constater les effets dont le principal est non pas tant une augmentation de la quantité d'eau tombée annuellement sur toute la région qu'une hétérogénéité très marquée dans sa répartition géographique. A ce sujet, nous ne pouvons mieux faire que de citer G. Rempp ([2], pp. 15, 16) :

*Sur le versant occidental des Hautes-Vosges, il tombe par an, près de 1000 millimètres d'eau à Epinal, 1.180 à Bruyères, 1.290 à Remiremont, 1.570 à Gérardmer, entre 1.800 et 1.900 à Cornimont, au col de Bussang et à Retourner. Les stations qui recueillent le maximum, soit un peu plus de 2.000 millimètres, sont le lac de la Lauch et le lac d'Alfeld, tous deux à l'est de la ligne de faitz et ce dernier à 620 mètres d'altitude seulement : en fait, sur le versant oriental des Vosges, ce n'est pas l'altitude qui compte, mais la distance à la crête. C'est pourquoi la hauteur de pluie décroît très rapidement vers l'aval dans les vallées normales à la crête comme les vallées de la Lauch et de la Fecht : lac de la Lauch, 2.020 mm., Sengeren, 1.240, Quebwiller, 800 ; Mütlach, 1.570 mm. ; Munster, 940, Saint-Gilles, 610. La chaîne du Bärenkopf*

(1) Cette publication est, depuis 1936, intitulée « Annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg ».

et celle du Rossberg produisent, par vent du sud-ouest, des pluies de relief sur la basse vallée de la Doller, qui affectent encore la basse vallée de la Thur ; la haute vallée de la Thur, orientée nord-sud, est à peu près parallèle à la crête principale. Pour ces raisons, la hauteur de pluie demeure relativement élevée, dans ces deux vallées, jusqu'à leur sortie en plaine : Lac d'Alfeld, 2.010 mm. ; Sewen, 1.700 mm. ; Oberbruck, 1.400 ; Masevaux, 1.370 ; Wildenstein, 1.890 mm. ; Oderen, 1.530 ; Wesserling, 1.280 ; Thann, 1.020. Le cours supérieur de la Bruche s'infléchit vers le sud-sud-ouest. La vallée oppose ainsi aux vents d'ouest la double barrière des monts qui la bordent de part et d'autre. En conséquence, il y a peu de différence entre Rothau qui note 1.220 millimètres et les hauteurs environnantes : la Métairie, 1.490 mm. ; le Bas-Donon, 1.420 mm. ; mais non loin de là, au col de Prayé, il tombe 1.810 mm. près de Heiligenberg. Les Vosges du Nord diminue régulièrement et n'est plus que de 770 mm. près de Heiligenberg. Les Vosges du Nord ne forment, pour ainsi dire, que le rebord oriental du plateau lorrain, et le maximum de pluie qui s'y présente est peu marqué : Herrenwald en amont de Wingen, 840 mm. contre 810 à Gondrexange, 770 à Mittersheim sur le plateau lorrain, 770 à Zinswiller sur le bord de la vallée rhénane.

Dans le Jura nous avons près de la frontière suisse 1.160 mm. à Saint-Pierre-Lucelle, 960 mm. à Wolschwiller ; dans la trouée de Belfort, 840 mm. à Wolfersdorf. A Mulhouse, la hauteur de pluie a baissé à 690 mm., valeur qu'elle n'atteindra plus dans la vallée du Rhin jusqu'à Strasbourg. Un minimum s'étend en effet, dans la plaine rhénane, le long des Vosges, depuis Rouffach et Ensisheim jusqu'à l'issue de la vallée de la Bruche ; et dans ce minimum, Colmar est la station qui recueille le moins de pluie : moins de 500 mm. A Strasbourg, il tombe 670 mm., soit une centaine de millimètres en plus que dans la région de Molsheim ; à Strasbourg, l'air est déjà pris dans le mouvement ascendant, qui le conduira par dessus la Forêt-Noire. Plus au nord, la barrière ouest de la vallée du Rhin s'abaisse fortement, tandis que la barrière est, formée par le massif de la Hornisgrinde, reste élevée. Il en résulte une augmentation de la hauteur de pluie, qui atteint 820 mm. à la maison forestière Eberbach dans la forêt de Haguenau. Dans ce chiffre, relativement élevé, l'influence de la forêt n'est pas pour grand'chose... Au nord de la forêt de Haguenau la crête de la Forêt-Noire s'abaisse rapidement vers la trouée de Karlsruhe-Pforzheim. Aussi la hauteur de pluie diminue-t-elle : à Lauterbourg elle est redevenue égale à celle de Strasbourg. Plus au Nord encore, la bordure occidentale de la vallée du Rhin s'élève de nouveau dans la Hardt (ou Pfälzerwald), tandis que la bordure orientale reste basse : en conséquence, la hauteur de pluie continuera à diminuer dans le Palatinat, où un minimum de pluie se dessinera en bordure de la Hardt, délimitant une région particulièrement propice à la viticulture comme le minimum le long des Vosges délimite la région viticole d'Alsace.

Tous les caractères précédents de la répartition géographique des hauteurs annuelles de pluie (période 1881-1910) se retrouvent qualitativement sur la fig. 1 (page 95), carte des hauteurs annuelles de pluie, moyennes de la période 1911-1940.

## 2. — Les régimes pluviométriques.

La hauteur annuelle moyenne de pluie est une donnée précieuse, mais elle ne suffit pas, à elle seule, à caractériser le climat « pluvieux » d'une région ; il faut savoir comment cette hauteur totale se répartit au cours de l'année.

En Europe (à part les régions méditerranéennes) il existe deux types principaux de régimes pluviométriques : le type océanique avec prédominance des pluies de la saison froide, le type continental avec prédominance des pluies de la saison chaude. Sans la présence des Vosges, le régime pluviométrique de toute notre région serait analogue à celui du plateau lorrain, régime de transition, mi-océanique, mi-continental, avec deux maxima principaux en juin-juillet et en octobre, un minimum principal entre janvier et avril ; la différence entre le maximum et le minimum est d'ailleurs relativement faible (très voisine de 30 mm.) : la pluie est assez bien répartie au cours de l'année.

La barrière des Vosges vient perturber profondément le régime pluviométrique normal en exagérant (selon la position de la station considérée) soit son caractère océanique, soit son caractère continental, surtout par l'augmentation ou la diminution des pluies de la saison froide,

respectivement. C'est ainsi que les stations des Hautes-Vosges ont un régime pluviométrique de type nettement océanique avec un maximum en décembre et deux minima en avril et août séparés par un maximum secondaire. Au contraire, les stations de la vallée du Rhin reçoivent en hiver une quantité de pluie inférieure à la normale et d'autant plus petite qu'elles sont situées plus à l'abri des Vosges. On y observe un maximum en été, un minimum en hiver, le rapport du premier au second pouvant atteindre une valeur voisine de 3.

*Cette variation est tout à fait celle qui, normalement, appartient au climat continental. Dans notre cas, elle est d'origine orographique; mais pour le climat et pour ses effets biologiques et autres, l'origine est sans intérêt, c'est le résultat qui compte. Et ce résultat, c'est qu'un régime pluviométrique aussi continental, pour le moins, que celui de la Tchécoslovaquie se rencontre 600 kilomètres plus près de l'Océan, dans la vallée du Rhin depuis la Hardt<sup>(1)</sup> jusqu'au Nord de Strasbourg (G. Rempp, [2], p. 20).*

Ce contraste entre les régimes pluviométriques des Hautes-Vosges et de la vallée du Rhin, qui est dû principalement, comme nous l'avons écrit plus haut, à l'inégale répartition des pluies d'hiver, est encore exagéré par l'effet des orages locaux d'été qui prennent naissance sur les Vosges mais qui, emportés par les vents dominants, viennent se déverser en grande partie dans les vallées orientales.

En résumé, on peut distinguer en Alsace et Lorraine trois types principaux de régimes pluviométriques :

- 1° — Le régime normal, celui du plateau lorrain (type Metz)
- 2° — Un régime à caractère océanique, celui des Hautes-Vosges (type lac d'Alfeld)
- 3° — Un régime à caractère continental, celui de la vallée du Rhin (type Colmar)

Naturellement, on trouve, suivant la position géographique et l'altitude de la station envisagée, toutes les transitions entre ces trois régimes typiques.

3. — Ceci appelle une remarque que nous avons l'intention de développer et d'utiliser ultérieurement. Pour une région à régime pluviométrique uniforme, il est classique d'admettre que les hauteurs mensuelles de la pluie tombée en deux stations sont, en moyenne, proportionnelles, le coefficient de proportionnalité dépendant du mois considéré. On utilise cette théorie, assez bien vérifiée par l'expérience (Cf. par exemple A. Angot [3]), pour réduire à la même période des séries d'observations non homogènes (méthode de Fournié). Il est évident que cette théorie tombe en défaut lorsqu'on a affaire comme en Alsace et Lorraine, à une région où les régimes pluviométriques sont très différents d'une station à l'autre. Il serait alors plus indiqué de supposer que, dans une région peu étendue comme la nôtre, la hauteur de pluie mensuelle en une station donnée est, en moyenne, une fonction linéaire homogène des hauteurs correspondantes en quelques stations bien choisies à régime typique (trois pour l'Alsace et la Lorraine par exemple). Cette théorie qui peut sembler n'être qu'un artifice mathématique a en réalité une base météorologique sérieuse. En effet, la hauteur de pluie X enregistrée pendant une certaine période en une station donnée dépend de l'intensité des perturbations qui ont traversé la région au cours de cette période et de leur nature (en particulier leur origine et leur direction de propagation). L'intensité de ces perturbations peut être déterminée par les hauteurs de pluie A, B, C aux trois stations de base, leur nature par les rapports entre eux de ces trois nombres<sup>(2)</sup>. La hauteur X est donc, mise à part les fluctuations accidentelles, fonction des hauteurs A, B, C. Il est normal de supposer a priori qu'elle en dépend linéairement, quitte, s'il y a lieu, à introduire des corrections dépendant des rapports respectifs de A, B et C.

(1) Il s'agit ici de la Forêt de la Harth, située en bordure du Rhin, au nord de Mulhouse.

(2) C'est ainsi que les pluies océaniques sont caractérisées dans notre région par un rapport élevé entre les hauteurs d'eau enregistrées au lac d'Alfeld et à Colmar respectivement. Les perturbations venant du Nord ou du Nord-Est ainsi que les orages en général ont un effet inverse, [4].

## II. — LES MOYENNES 1911-1940

### PREMIERS RÉSULTATS.

1. — On trouvera dans le tableau I la liste des stations du réseau climatologique d'Alsace et de Lorraine que nous avons utilisées pour le calcul des moyennes 1911-1940. Dans ce tableau, le nom de chaque station est précédé d'un numéro d'ordre qui figure, sur la carte des hauteurs moyennes annuelles (fig. 1), à côté de l'emplacement de la station correspondante, marqué par un point.

Les moyennes calculées pour chaque décade et les moyennes générales de la période 1911-1940 trouvent place dans les Tableaux II à V où les stations sont réparties entre les trois grandes régions distinguées par E. Wagner [1]: Lorraine; Vallée du Rhin, Sundgau, Jura alsacien; Vosges.

2. — Le calcul des moyennes pluviométriques est un travail extrêmement long surtout quand la période considérée comporte, comme celle de 1911 à 1940, deux guerres. Le nombre de lacunes dans les observations est alors tel que la réduction de celles-ci à une période unique devient, pour certaines stations, très aléatoire et même quelquefois impossible. Aussi, pour arriver rapidement à un premier résultat suffisamment précis, n'avons-nous délibérément conservé, pour le calcul des moyennes générales, que les stations ayant au moins 20 années d'observations (1) et pour lesquelles plusieurs stations de comparaison, de régime pluviométrique analogue, pouvaient être utilisées. L'application de la méthode de Fournié (Cf plus haut) à ces stations, même si elle n'est pas parfaitement justifiée, donne alors cependant de bons résultats.

Dans les tableaux des moyennes décadaires, nous avons compris toutes les stations ayant observé au moins pendant 7 années de la décade considérée. Les moyennes des stations ne remplissant pas cette condition mais ayant observé pendant 20 années au moins figurent en italiques. Pour toutes les stations dont les observations présentent des lacunes au cours de la décade, la réduction à celle-ci a été faite en tenant compte des observations effectuées pendant les trois décades. Les calculs de réduction ont été facilités par un travail préliminaire de R. Morn, revu par R. Utzmann.

3. — A l'aide des résultats obtenus, relativement peu nombreux mais assez précis, nous avons tracé, en nous inspirant de la monographie de E. Wagner [1] et d'ouvrages récents sur le même sujet, relatifs au département du Puy-de-Dôme [5] et à la Suisse [6], la carte des hauteurs moyennes annuelles de pluie en Alsace et Lorraine, pour la période 1911-1940 (fig. 1). Dans le tracé des isohyètes, nous avons tenu compte, dans la mesure du possible, de l'effet de l'altitude et des remarques de G. Rempp (Cf plus haut) concernant l'orientation des vallées et la distance à la crête des Vosges. Cette carte ne diffère, dans son ensemble, de celle de E. Wagner, relative à la période 1881-1910, que par une augmentation générale de la hauteur moyenne annuelle: le rapport moyen  $\frac{\text{moyenne annuelle 1911-1940}}{\text{moyenne annuelle 1881-1910}}$  est, pour chacune des trois grandes régions, supérieur à l'unité. Il est de 1,13 pour la Lorraine, de 1,12 pour les Vosges et de 1,10 pour la région comprenant la vallée du Rhin, le Sundgau et le Jura alsacien. Notons en outre un fait assez curieux: la station la plus arrosée qui était en moyenne le lac de la Lauch au cours des années 1881-1910 est devenue le lac d'Alfeld pour chacune des décades de la période 1911-1940.

Nous bornerons le présent travail à ces quelques considérations très générales, réservant pour plus tard une étude plus complète et plus détaillée.

Signalons en terminant qu'un ouvrage récent de J. Sanson [7] donne pour toute la France

(1) Très exceptionnellement, cette limite a été abaissée à 18 années.

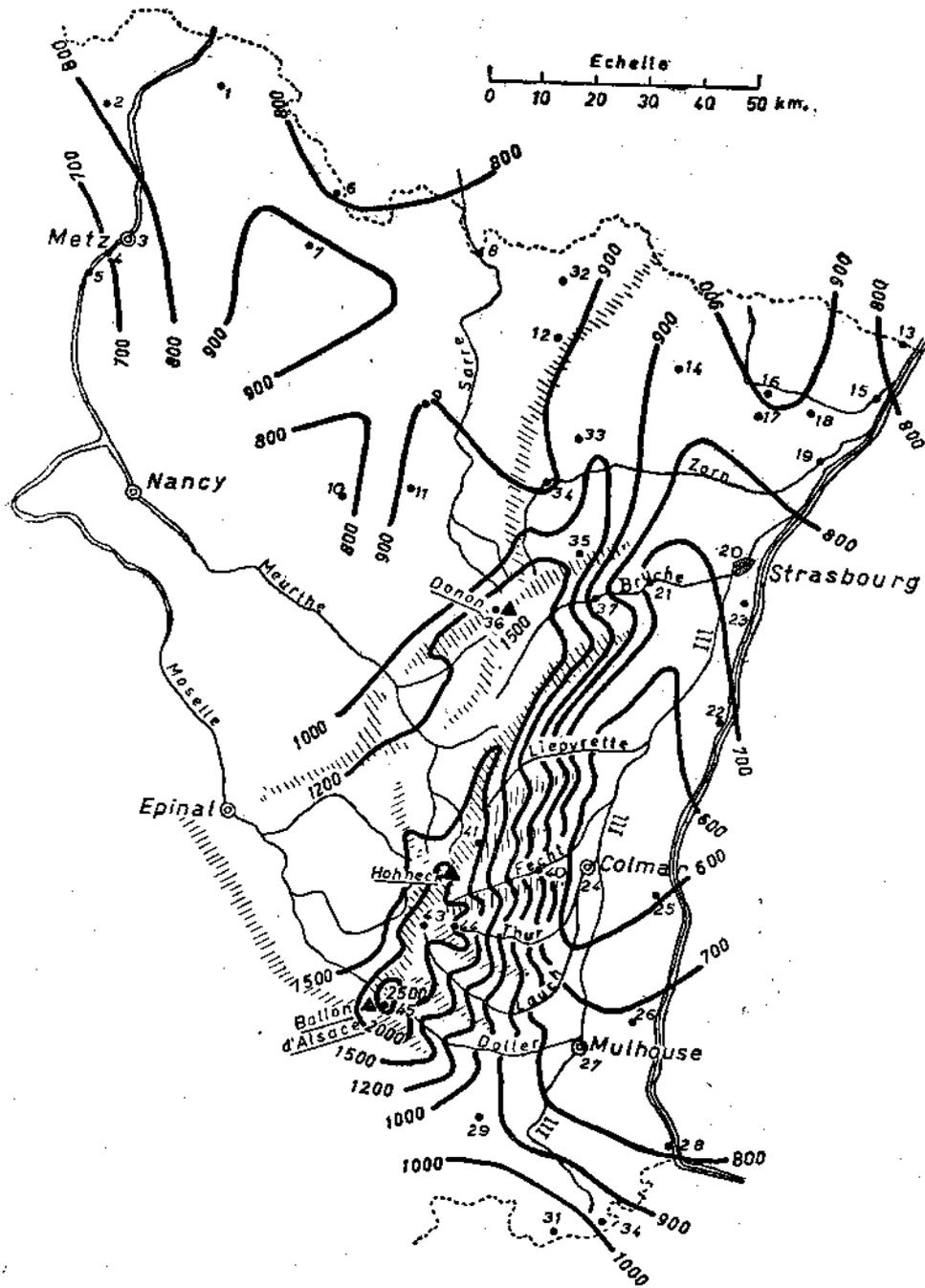


Fig. 1. — Carte des hauteurs moyennes annuelles de pluie, période 1911-1940.

N.-B. — Par suite d'une erreur matérielle, les noms des rivières Thur et Lauch ont été intervertis sur la carte.

les moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles (période 1891-1930) notamment pour plusieurs stations des départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin, de la Moselle, de la Meurthe-et-Moselle et des Vosges.

Nous remercions M. J. P. Rothé qui a bien voulu, au cours de ce travail, nous faire bénéficier de son expérience.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1]. WAGNER E. E. Regenkarten von Elsass-Lothringen, mit Text und Tabellen, Thèse de doctorat, Strasbourg 1916, 102 pages, cartes hors-texte en couleurs.
- [2]. REMPP G. Le climat de l'Alsace, Bibliothèque Jean Macé, fasc. VII, Librairie de la Mésange, Strasbourg 1937, 52 pages.
- [3]. ANOÛT A. Régime des pluies dans la péninsule Ibérique, *Annales du Bureau Central Météorologique de France*, 1893, t. I, pp. B.157-B.194.
- [4]. STAHL P. Etude de la répartition de la pluie dans les départements du Haut-Rhin, du Bas-Rhin et de la Moselle, dans quelques situations particulières, *Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg*, 1931, première partie : Météorologie, pp. 95-99.
- [5]. SELTZER P. Les précipitations atmosphériques dans le département du Puy-de-Dôme, *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme*, N° 10, Clermont-Ferrand, 1948, 16 pages et une carte hors-texte.
- [6]. UTTINGER H. Les précipitations en Suisse, 1901-1940, *Publications de la Station Centrale Suisse de Météorologie*, Zürich, 1949, 28 pages et une carte hors-texte en couleurs.
- [7]. SANSON J. Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. *Mémorial de la Météorologie Nationale*, N° 30, 1945, 148 pages et une carte hors-texte en couleurs.

**TABEAU I**

**Tableau des stations pluviométriques**

STATION	Longitude E. de Greenwich		Latitude	Altitude m	BASSIN	STATION	Longitude E. de Greenwich		Latitude	Altitude m	BASSIN		
	°	'					°	'				°	'
1. Haute-Sierck ..	6	23	49	23	260	Höllenbach-Moselle	24. Colmar .....	7	22	48	04	188	III
2. Veymerange ..	6	07	49	21	180	Moselle	25. Neuf-Brisach ..	7	35	48	02	195	Rhin
3. Metz .....	6	10	49	07	170	Moselle	26. Salzecke .....	7	28	47	48	230	Rhin
4. La Polka .....	6	05	49	04	170	Moselle	27. Mulhouse .....	7	21	47	45	240	III
5. Novéant .....	6	03	49	02	175	Moselle	28. Huningue .....	7	35	47	36	245	Rhin
6. Creutzwald .....	6	42	49	13	220	Bisten-Sarre	29. Wollersdorf ..	7	07	47	38	300	Canal du Rhône au Rhin
7. Longeville .....	6	38	49	07	250	Rosselle-Sarre	30. Wolschwiller ..	7	24	47	28	450	III
8. Sarreguemines	7	04	49	07	205	Sarre	31. Saint-Pierre ..	7	18	47	26	525	Lucelle
9. Mittersheim ..	6	56	48	52	230	Canal des houill. de la Sarre	32. Erlenmoos .....	7	34	49	04	280	Schwartzbach-Zintzel
10. Lagarde .....	6	41	48	41	235	Sanon-Meurthe	33. Wolfenhütte ..	7	20	48	48	210	Zintzel-Zorn
11. Gondrexange ..	6	56	48	41	272	Etang	34. Lützelbourg ..	7	15	48	44	210	Zorn
12. Neumatt .....	7	17	48	59	330	Eichel-Sarre	35. Bischofsläger ..	7	21	48	37	445	Mossig-Bruche
13. Lauterbourg ..	8	12	48	58	110	Rhin	36. Glacimont .....	7	08	48	30	700	Plaine-Meurthe
14. Zinswiller .....	7	36	48	55	190	Zintzel	37. Weissenberg ..	7	23	48	32	210	Bruche
15. Seltz .....	8	06	48	54	125	Seltz	38. Petit Haut .....	7	13	48	15	615	Liépvrette
16. Schwarzlach ..	7	50	48	52	140	Eberbach	39. Kaysersberg ..	7	16	48	09	250	Weiss
17. Dachshübel ..	7	48	48	50	150	Eberbach	40. Saint-Gilles ..	7	16	48	04	250	Fecht
18. Eberbach .....	7	55	48	50	135	Eberbach	41. Lac Noir .....	7	06	48	07	963	Weiss
19. Drusenheim ..	7	57	48	46	125	Moder	42. Oderen .....	6	59	47	55	465	Thur
20. Strasbourg ..	7	46	48	35	138	III	43. Wildenstein ..	6	58	47	59	580	Thur
21. Ergersheim ..	7	32	48	34	160	Canal de la Bruche	44. Lac de la Lauch.	7	02	47	56	925	Lauch
22. Rhinau .....	7	43	48	19	160	Rhin	45. Lac d'Alfeld ..	6	52	47	49	620	Doller
23. Breitlach .....	7	47	48	32	140	Rhin							

**TABLEAU II**

**Moyennes de la période 1911-1920**

<b>I. - Lorraine</b>													
STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Haute-Sierck.....	70	45	64	43	57	58	76	75	66	72	70	88	789
Veymerange.....	82	52	72	53	48	42	58	61	60	62	73	112	775
Metz.....	61	42	57	47	49	51	67	68	61	57	60	75	694
La Poika.....	57	40	55	45	48	65	70	67	61	55	57	72	691
Novéant.....	56	39	56	47	48	57	73	64	65	54	57	71	687
Creutzwald.....	77	47	67	47	53	51	76	56	61	71	72	89	769
Longeville.....	87	56	82	71	59	55	77	65	77	78	83	110	809
Sarreguemines.....	80	49	78	56	58	56	70	72	71	67	71	99	825
Mittersheim.....	70	46	77	56	57	56	90	77	75	71	71	94	839
Lagarde.....	59	38	54	44	56	61	71	66	61	51	57	90	706
Gondrexange.....	72	55	82	66	61	67	81	80	80	67	76	98	885
Neumatt.....	68	49	78	58	61	63	80	73	76	57	70	93	827
<b>II. - Vallée du Rhin, Sundgau, Jura alsacien</b>													
Lauterbourg.....	44	32	51	44	58	54	74	87	82	44	48	79	699
Zinswiller.....	66	51	74	51	65	61	95	75	80	60	69	98	845
Selz.....	60	44	61	61	66	57	86	87	91	57	65	94	829
Schwarzlach.....	67	47	67	66	70	60	97	81	96	64	74	100	888
Dachshübel.....	56	42	60	60	65	58	91	76	87	57	65	86	803
Eberbach.....	65	47	68	57	72	60	97	85	90	64	74	100	888
Drusenheim.....	55	42	58	61	70	71	101	92	96	55	61	85	846
Strasbourg.....	37	31	49	43	65	61	88	83	80	52	55	60	704
Ergersheim.....	47	27	44	46	61	56	64	60	67	44	53	60	627
Rhinau.....	34	23	47	42	67	65	78	68	67	47	47	44	831
Breitlach.....	43	29	50	45	64	68	85	78	68	51	55	55	692
Colmar.....	24	18	40	27	52	50	66	59	55	38	41	38	507
Neuf-Brisach.....	26	19	42	34	52	65	73	61	65	44	44	37	560
Saizlecke.....	38	30	63	37	64	74	71	66	69	53	57	55	676
Mulhouse.....	46	37	63	46	62	69	74	66	79	59	62	66	728
Huningue.....	43	29	55	47	68	65	80	80	75	53	49	55	700
Wolfersdorf.....	63	55	87	66	65	64	78	85	85	59	87	91	885
Wolschwiller.....	54	47	84	72	84	95	86	108	90	64	69	80	933
Saint-Pierre.....	66	63	111	90	106	113	111	108	110	83	94	109	1164
<b>III. - Vosges</b>													
Erlenmoos.....	73	47	79	61	66	67	81	84	81	69	72	100	881
Wolfenhütte.....	79	56	82	62	72	60	89	80	88	70	91	109	939
Lützelbourg.....	71	48	80	61	70	80	87	75	88	67	67	99	873
Bischofsläger.....	113	75	115	90	77	79	93	74	101	76	98	155	1144
Iacimont.....	157	107	152	120	102	101	132	113	139	102	135	210	1571
Weissenberg.....	74	49	74	60	74	63	76	67	81	57	60	103	847
Petit-Haut.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Kaysersberg.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Saint-Gilles.....	54	40	59	50	64	65	58	74	68	61	60	73	736
ac Noir.....	157	94	137	110	91	97	112	103	115	108	157	221	1501
Odereu.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Wildenstein.....	215	159	220	163	119	148	143	181	167	160	226	315	2215
ac de la Lanch.....	220	158	230	159	128	129	147	175	164	177	234	340	2262
ac d'Alfeld.....	266	201	284	195	120	137	143	174	172	190	279	429	2591

**TABLEAU III**

Moyennes de la période 1921-1930

I. - Lorraine													
STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Haute-Sierck.....	57	56	47	68	82	70	79	89	72	103	92	82	900
Veymerange.....	64	56	50	64	70	63	75	79	63	107	100	87	876
Metz.....	47	46	44	55	64	55	72	75	58	82	82	65	745
La Polka.....	44	49	44	55	66	56	66	73	58	78	77	58	722
Novant.....	42	44	45	57	62	57	63	70	50	74	76	56	695
Creutzwald.....	60	54	52	60	69	49	69	72	61	98	94	73	810
Longeville.....	75	71	64	80	79	64	79	87	77	110	109	98	992
Sarreguemines.....	64	57	54	68	69	59	66	68	66	91	95	83	840
Mittersheim.....	60	63	57	78	78	68	73	78	78	99	109	76	916
Lagarde.....	49	48	47	64	70	60	62	83	65	77	83	59	767
Gondrexange.....	60	58	59	79	71	63	77	77	67	83	98	75	867
Neumatt.....	53	54	51	75	70	67	75	78	78	94	93	65	854
II. - Vallée du Rhin, Sundgau, Jura alsacien													
Lauterbourg.....	37	40	44	70	62	58	7	79	70	75	69	59	734
Zinswiller.....	80	56	50	71	67	78	73	76	78	85	83	75	856
Seltz.....	56	48	47	77	71	69	76	83	81	82	81	75	846
Schwarzlach.....	55	50	51	75	71	70	83	83	83	90	82	77	870
Dachshübel.....	49	48	46	71	70	72	74	77	74	80	73	66	800
Eberbach.....	57	52	50	75	75	80	80	86	87	86	81	77	886
Drusenheim.....	48	47	47	74	79	82	88	97	87	78	71	66	866
Strasbourg.....	40	38	43	73	73	76	81	84	80	78	60	51	777
Ergersheim.....	38	31	32	61	62	62	59	62	67	68	55	51	650
Rhinan.....	29	30	38	62	73	73	73	77	63	75	53	36	682
Breitlach.....	38	36	36	72	73	80	80	82	76	79	57	46	757
Colmar.....	20	25	9	46	67	38	49	64	52	56	44	30	530
Neuf-Brisach.....	24	24	32	50	70	65	65	69	57	65	44	32	596
Salzecke.....	35	35	37	64	78	70	68	66	57	80	61	53	705
Mulhouse.....	40	40	42	70	82	71	75	66	73	92	66	63	779
Huningue.....	37	41	43	71	94	73	100	86	60	82	60	56	803
Wölfersdorf.....	62	59	56	90	94	83	85	95	83	105	86	87	984
Wolschwiller.....	44	47	53	86	101	100	95	88	78	88	68	68	915
Saint-Pierre.....	67	66	72	111	126	110	122	110	94	114	93	92	1178
III. - Vosges													
Erlenmoos.....	66	63	58	76	71	75	70	78	78	97	104	89	927
Wolfenbütte.....	65	65	60	90	80	80	81	88	89	96	103	77	974
Lützelbourg.....	55	60	63	95	86	75	69	88	85	87	89	70	921
Bischolsläger.....	86	84	75	115	100	97	97	96	104	114	112	102	1181
Glacimont.....	126	112	96	135	128	110	141	122	137	147	165	147	1564
Weissenberg.....	53	55	48	78	73	59	80	73	75	82	85	68	828
Petit-Haut.....	68	61	61	95	105	94	87	89	90	104	102	77	1035
Kaysersberg.....	32	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Saint-Gilles.....	32	38	43	63	67	53	60	60	60	76	68	53	673
Lac Noir.....	138	122	119	146	137	118	113	114	119	160	171	165	1621
Oderen.....	139	125	117	136	144	118	112	124	132	199	201	164	1700
Wildenstein.....	186	162	148	179	175	165	156	156	157	241	247	230	2202
Lac de la Lauch.....	144	137	170	155	168	144	143	138	144	234	234	193	1955
Lac d'Alfeld.....	214	200	175	215	186	158	163	172	176	270	325	295	2548

TABLEAU IV

Moyennes de la période 1931-1940

I. - Lorraine													
STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Haute-Sierck.....	88	56	49	72	61	72	79	73	87	89	62	57	845
Veymerange.....	97	63	57	74	56	59	71	57	67	91	65	60	816
Metz.....	75	53	47	69	50	62	71	53	63	71	53	49	717
La Polka.....	68	50	41	63	51	64	68	52	63	71	48	43	685
Novéant.....	65	43	38	61	49	55	63	50	60	61	45	40	629
Creutzwald.....	84	54	48	75	49	68	69	70	73	81	57	49	778
Longeville.....	92	68	54	85	64	81	88	82	90	103	75	60	940
Sarreguemines.....	95	64	55	85	61	75	87	83	87	90	66	57	904
Mittersheim.....	88	67	55	93	64	91	91	89	93	94	69	58	952
Lagarde.....	73	53	46	73	62	84	81	75	69	93	63	49	819
Gondrexange.....	101	74	62	101	69	91	101	91	93	110	73	60	1026
Neumatt.....	82	59	49	87	71	79	80	90	82	87	62	50	876
II. - Vallée du Rhin, Sundgau, Jura alsacien													
Lauterbourg.....	73	49	52	71	64	85	80	84	78	73	47	45	800
Zinswiller.....	83	56	53	79	70	77	91	75	77	75	59	53	850
Seltz.....	82	57	51	76	67	88	87	95	91	78	51	49	872
Schwarzlach.....	97	63	56	90	76	95	101	82	98	91	68	54	973
Dachshübel.....	80	54	50	80	68	87	98	76	91	82	60	47	872
Eberbach.....	85	57	52	80	71	88	96	89	96	83	59	48	902
Drusenheim.....	78	54	47	79	68	111	103	89	94	78	53	45	901
Strasbourg.....	53	45	45	67	67	104	98	98	81	68	41	35	802
Ergersheim.....	52	38	39	59	69	89	84	76	73	58	49	32	717
Rhinau.....	45	39	43	61	74	90	101	87	76	58	40	28	741
Breitlach.....	54	43	43	64	74	99	103	93	81	67	42	34	798
Colmar.....	30	19	32	34	61	69	82	66	64	49	44	22	574
Neuf-Brisach.....	33	23	37	46	53	90	90	66	73	59	45	24	640
Salzlecke.....	59	36	59	50	71	95	79	74	81	72	57	47	780
Mulhouse.....	68	45	63	53	73	85	83	68	77	77	57	49	798
Huningue.....	59	40	66	60	76	95	109	96	90	77	48	45	861
Wolfersdorf.....	96	66	82	72	83	99	102	83	105	100	85	63	1035
Wolschwiller.....	70	53	84	75	91	120	116	91	92	95	59	54	999
Saint-Pierre.....	103	76	111	100	111	144	125	97	104	119	53	69	1241
III. - Vosges													
Erlenmoos.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Wolfenhütte.....	98	72	63	99	88	98	102	92	91	90	66	55	1013
Lützelbourg.....	70	41	47	77	79	96	84	77	80	72	54	41	825
Bischofsläger.....	114	87	74	104	90	107	102	99	100	112	76	68	1133
Glacimont.....	168	124	109	146	95	127	126	129	131	150	120	102	1531
Weissenberg.....	78	60	52	67	75	87	80	81	79	76	55	46	834
Petit-Haut.....	102	75	74	92	89	124	116	102	110	107	78	68	1137
Kaysersberg.....	61	45	45	54	59	91	98	72	66	68	51	35	747
Saint-Gilles.....	60	38	49	50	65	97	87	72	82	66	52	35	752
Lac Noir.....	170	129	121	126	92	136	123	104	117	161	128	125	1530
Oderen.....	234	168	145	139	99	148	145	129	134	193	174	124	1832
Wildenstein.....	235	173	141	167	110	179	177	132	152	180	181	137	1968
Lac de la Lauch.....	232	148	141	143	119	163	186	144	179	209	199	134	2006
Lac d'Alfed.....	343	243	212	204	134	178	181	156	192	256	249	201	2566

**TABEAU V**

**Moyennes générales de la période 1911-1940**

<b>I. — Lorraine</b>													
STATION	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totaux
Haute-Sierck.....	72	52	54	63	67	67	78	79	75	88	75	76	815
Veymerange.....	81	57	60	64	58	54	68	66	63	86	79	86	822
Méty.....	61	47	49	57	54	56	70	65	61	70	65	63	719
La Polka.....	56	46	46	55	55	61	68	64	60	69	61	58	700
Novéant.....	54	42	46	55	53	56	66	61	58	63	59	56	670
Creutzwald.....	74	52	56	61	57	56	71	66	63	83	74	70	786
Longeville.....	85	65	66	78	87	66	81	78	81	97	89	89	941
Sarreguémines.....	80	57	62	70	62	63	74	74	75	83	77	80	856
Mittersheim.....	73	59	63	76	66	71	85	81	82	88	83	76	902
Lagarde.....	60	46	49	60	63	68	71	75	65	74	68	66	764
Gondrexange.....	78	62	68	82	67	74	86	83	80	87	82	78	926
Neunatt.....	67	54	59	73	68	70	78	80	79	79	75	69	852

<b>II. — Vallée du Rhin, Sundgau, Jura alsacien</b>													
Lauterbourg.....	51	40	49	62	61	66	75	83	76	64	55	61	744
Zinswiller.....	69	54	59	68	67	72	86	75	78	73	70	75	830
Seltz.....	66	50	53	71	68	71	83	88	88	72	66	73	809
Schwarzlach.....	73	53	58	77	72	75	94	82	92	81	74	77	910
Dachshübel.....	62	48	52	70	67	72	88	76	84	73	66	66	825
Eberbach.....	69	52	57	71	73	76	91	86	94	77	71	75	892
Drusenheim.....	61	48	51	71	73	88	97	92	92	70	62	65	871
Strasbourg.....	43	38	46	61	68	80	89	89	80	66	52	49	761
Engersheim.....	46	32	38	55	64	69	69	66	69	57	52	48	665
Rhinau.....	36	31	43	55	71	76	84	77	69	60	47	36	685
Breitlach.....	45	36	43	61	71	82	89	84	75	66	51	45	749
Colmar.....	25	21	34	36	60	55	65	63	57	48	43	30	537
Neuf-Brisach.....	28	22	37	43	58	73	76	65	65	56	44	31	595
Salzlecke.....	44	34	53	50	71	80	73	69	69	68	58	52	720
Walhouse.....	51	40	56	66	72	75	77	66	76	76	62	59	768
Huningue.....	46	37	55	59	79	78	96	88	75	71	52	52	788
Wolfsdorf.....	74	60	75	76	80	82	88	88	91	88	86	80	968
Wolschwiller.....	56	49	74	78	92	105	99	96	86	82	65	67	949
Saint-Pierre.....	78	68	98	100	114	123	119	105	103	105	90	90	1194

<b>III. — Vosges</b>													
Erlenmoos.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Wolfenbütte.....	81	64	68	83	80	79	91	86	90	85	87	80	975
Lützelbourg.....	65	52	63	78	78	77	80	80	84	75	70	70	872
Bischofslager.....	104	82	88	103	89	94	97	90	101	100	95	108	1162
Glacimont.....	150	116	119	134	108	113	133	122	136	133	140	153	1556
Weissenberg.....	68	54	68	68	74	70	78	74	78	72	70	72	836
Petit-Haut.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Kaysersberg.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Saint-Gilles.....	49	39	50	54	65	71	69	68	70	68	63	54	720
Lac Noir.....	155	115	125	127	107	117	116	107	117	143	152	170	1551
Oderen.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Wildenstein.....	212	165	172	170	135	164	159	156	159	194	218	227	2128
Lac de la Lauch.....	199	144	166	152	138	145	159	152	162	207	222	223	2074
Lac d'Alfeld.....	274	229	215	205	147	158	162	168	180	239	284	308	2568