

CONSEIL INTERNATIONAL DE RECHERCHES

UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE

SECTION DE SÉISMOLOGIE

PUBLICATIONS DU BUREAU CENTRAL SÉISMOLOGIQUE INTERNATIONAL

Sous la direction de E. ROTHÉ
SECRÉTAIRE DE LA SECTION DE SÉISMOLOGIE

SÉRIE B

MONOGRAPHIES

FASCICULE N° 4.



NOGENT-LE-ROTRON
IMPRIMERIE DAUPELEY-GOUVERNEUR

1933

ÉTUDE SÉISMOLOGIQUE DU CHILI¹

PAR JULIO BUSTOS NAVARRETE

Directeur de l'Observatoire del Salto (Santiago)

I. — Les foyers séismiques du Chili

Cette étude sera consacrée aux foyers séismiques du Chili. Ce n'est pas une tâche très aisée que de localiser ces foyers, et il a été nécessaire pour y arriver de rassembler des renseignements sur tous les tremblements de terre qui se sont produits dans notre pays au cours des quatre derniers siècles. Ce travail met en évidence les foyers séismiques suivants :

1^o Une région focale séismique allant de Arica à Mejillones, entre les sommets du Tacora, le Isluga et le Mifio dans la Cordillère des Andes, et la fosse marine de Bartholomew dans l'océan Pacifique. Ce foyer compte quinze tremblements de terre au cours des quatre derniers siècles.

2^o La région séismique de Copiapo, entre le sommet du Mercedario dans la Cordillère des Andes et la fosse marine de Richard dans le Pacifique. Ce foyer, le plus intense du Chili, compte vingt-trois tremblements de terre au cours des quatre derniers siècles.

3^o La région séismique de la vallée de l'Aconcagua, entre le mont Aconcagua dans la Cordillère des Andes et la fosse marine de Haeckel dans le Pacifique. Ce foyer comprend Santiago et Valparaiso, qui, par ordre d'intensité, viennent

1. N. D. L. R. Ce mémoire a été résumé par E. Rothé, secrétaire de la section, d'après la traduction tirée de l'espagnol par M^{lle} Guttenstein.

immédiatement après Copiapo. Il compte dix-huit tremblements de terre pendant la même période.

Vers le sud, l'intensité séismique diminue ; on observe les foyers secondaires suivants :

4^o Région séismique de la vallée du Maule, comprenant Talca et Constitucion ; trois tremblements de terre, toujours pendant la même période.

5^o Région séismique de la vallée du Bio-Bio, comprenant Concepcion et Talcahuano, avec six grands séismes terrestres et marins.

6^o Région séismique de la vallée de Cautin, comprenant la ville de Temuco, avec un seul tremblement de terre.

7^o Région séismique de la vallée de Valdivia, comprenant le bassin hydrographique du Calle-Calle et le Cruces, avec quatre tremblements de terre.

8^o Région séismique de la Grande Ile de Chiloé, avec quatre tremblements de terre.

9^o Région séismique de Magellan, avec seulement un fort tremblement de terre.

De cette étude, qui comprend les tremblements de terre destructeurs survenus au Chili et dans les environs pendant les quatre cents dernières années, il résulte que tous les séismes qui ont lieu dans ce pays sont localisés dans certaines zones qu'il a été possible de déterminer. On constate que certaines grandes villes, comme Santiago et Copiapo, se trouvent, de même que Tokyo et Yokohama, dans une situation très défavorable et sont exposées à tout moment à subir une catastrophe.

II. — Les crises séismiques

De même que dans l'espace les tremblements de terre se groupent en certaines zones, de même aussi dans le temps ils se groupent dans certaines périodes, nommées « crises séismiques ».

La détermination de ces crises est un des problèmes fondamentaux de la séismologie.

La crise séismique est toujours précédée d'une période plus ou moins longue de calme séismique, absolu ou relatif. Suivant les lois de l'isostasie, pendant cette période de repos les pressions radiales et tangentielles amènent des mouvements épigéniques presque imperceptibles dans les chaînes de montagnes. Il arrive un moment où l'équilibre passe à l'état instable, et alors, par un phénomène concomitant, toute l'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique, produisant le mouvement de réajustement tectonique. Ce mouvement constitue le tremblement de terre.

Généralement, l'intensité du séisme est en raison directe soit du processus épigénique, soit de la durée du calme séismique. Par conséquent, plus ce calme aura été prolongé, plus intense sera le phénomène¹; il suit de là que la prévision d'un tremblement de terre est scientifiquement et pratiquement possible, mais, dans les limites de nos connaissances actuelles, il est impossible d'en déterminer la date, le jour et l'heure.

De nombreuses tentatives ont été faites dans cet ordre d'idées. L'initiative en revient aux séismologues japonais, notamment Omori et Imamura.

Il résulte des études pratiques qu'au terme du calme séismique relatif il se produit une augmentation de la fréquence microséismique dans la région épacentrale. Au moyen d'appareils très sensibles, il serait possible de déterminer l'approche de la catastrophe. Ainsi, par exemple, le grand tremblement de terre du Japon de 1891 a pu être annoncé par cette méthode. Le territoire du Japon avait été divisé par la commission séismologique en un certain nombre de rectangles égaux dans chacun desquels on notait continuellement la fréquence microséismique. Entre 1885 et 1889, on observa que 42 % des secousses préliminaires se produi-

1. Opinion personnelle de l'auteur (N. D. L. R.).

saient dans les rectangles les plus rapprochés de Gifu. De 1890 à 1891, le pourcentage monta à 61 o/o, tandis qu'il était fortement réduit dans le reste du pays. Dans ces conditions survint la catastrophe, précisément dans la région prévue.

Le tremblement de terre de Santiago du Chili, du 14 avril 1927, présentait des caractères analogues.

Les crises séismiques se prolongent parfois pendant des semaines, des mois et des années. Une fois rompu l'équilibre de l'écorce terrestre par la secousse initiale, les mouvements se répètent en ordre progressivement décroissant, ainsi que le montre la courbe d'Omori.

De plus, on a observé que ces crises séismiques ne se propagent pas seulement dans le temps et dans le même endroit, mais qu'elles se propagent comme l'écho, le long du géosynclinal, passant d'un foyer séismique à l'autre, comme nous l'étudierons par la suite.

III. — Les processus séismo-tectoniques

Depuis bien longtemps, les séismologues ont observé et vérifié que lorsque l'équilibre du géosynclinal a été rompu en un point déterminé par un fort tremblement de terre et qu'il y a une prédisposition dans les autres foyers séismiques, le processus séismo-tectonique se propage le long de toute la ligne de fracture.

Un cas récent typique montre le processus séismo-tectonique : Copiapo-Santiago-Talca. En effet, ce processus a commencé, le 10 novembre 1922, par le fameux tremblement de terre de Copiapo qui a rompu dans cette zone la stabilité séismique du géosynclinal circumpacifique. Après un intervalle de calme, ce fut le tour de la vallée de l'Aconcagua : tremblement de terre de Santiago-Mendoza, le 14 avril 1927. Enfin, l'année suivante, le 1^{er} décembre 1928, entra en action la vallée du Maule avec le tremblement de terre de Talca, de mémoire récente. On voit clairement la propagation du processus séismo-tectonique du nord au sud.

Des cas analogues se sont répétés en d'innombrables occasions, avec des séismes moins intenses et des intervalles de mois et de jours seulement.

Il suffira de citer ceux du 16 août 1930 à Arica, avec les « séismes-échos » du 18 août à Copiapo et du 19 août à Santiago ; le cas analogue du 14 octobre, où un fort tremblement de terre à Copiapo détermina le grand séisme-écho du 17 octobre 1930 à Santiago, Quillota et Valparaiso.

Suivre le développement de ces processus séismo-tectoniques est un des problèmes les plus intéressants de la séismologie moderne. Pour que ce processus ait lieu, il est nécessaire qu'il y ait prédisposition dans les différents foyers de la ligne de fracture, l'état d'équilibre instable se maintenant. Quand ces circonstances concourent dans une zone étendue, il est remarquable de suivre la propagation du processus séismo-tectonique le long des géosynclinaux et d'observer comme les pulsations de la terre s'accroissent sur les séismographes à mesure que le processus avance. Nous ne sommes pas loin du jour où, de même que les météorologistes déterminent la trajectoire et la vitesse de propagation approximative d'une tempête, les séismologues pourront tout au moins entrevoir, avec une approximation relative, l'approche de la crise séismique.

IV. — Histoire séismique du Chili

On trouvera ci-dessous la liste chronologique des principaux séismes destructeurs survenus dans la région chilienne et les zones adjacentes au cours des ^{xvi}e, ^{xvii}e, ^{xviii}e, ^{xix}e et ^{xx}e siècles jusqu'aujourd'hui. Nous avons établi une échelle de trois intensités, conforme à la classification de Montessus de Ballore, à savoir :

- I, tremblement de terre faible ;
- II, tremblement de terre modéré ;
- III, tremblement de terre violent (degrés 8 à 12 de l'échelle internationale).

XVI^e siècle.

1520. Tremblement de terre dans les provinces australes du Chili.
1543. Tremblement de terre à Tarapaca.
1561, 2 mars. Tremblement de terre Santiago-Mendoza.
1562, 28 octobre. Côte d'Arauco et Cautin, avec raz de marée III.
1570, 9 février. Tremblement de terre et raz de marée III à Concepcion.
1575, 17 mars. Tremblement de terre à Santiago II.
1575, 16 décembre. Cautin, Valdivia, Llanquihue, avec raz de marée III.
1582, 16 janvier. Arequipa jusqu'à Arica, tremblement de terre III.
1588. Côtes occidentales de l'Amérique du Sud (indéterminé).

XVII^e siècle.

- 1604, novembre. Arica et Arequipa, tremblement de terre et raz de marée III.
1604, décembre. Las Serena, tremblement de terre.
1615, 16 septembre. Arica, tremblement de terre II.
1632. Salta et intérieur des provinces Tarapaca et Antofagasta, tremblement de terre II.
1633, mai. Ouragan ou tremblement de terre, douteux : Carelmapu, Chiloé.
1643, 6 septembre. Santiago, tremblement de terre I.
1647, 13 mai. Santiago, grand tremblement de terre III.
1650, 10 novembre. Arica-La Paz, tremblement de terre II.
1657, 15 mars. Concepcion, tremblement de terre et raz de marée III.
1681, 10 mars. Arica, tremblement de terre.
1688, 12 juillet. Santiago, tremblement de terre I.
1692, 13 septembre. Tucuman-Coquimbo, tremblement de terre.

XVIII^e siècle.

- 1715, 22 août. Moquega-Arica, tremblement de terre.
1724, 24 mai. Santiago, tremblement de terre I.
1725, 8 janvier. Arequipa-Iquique, tremblement de terre III.
1730, 8 juillet. Concepcion, tremblement de terre et raz de marée III.
1734. Chaco-Antofagasta, tremblement de terre.
1737, 24 décembre. Destruction de Valdivia, tremblement de terre III.
1742, 23 mars. Concepcion, tremblement de terre et raz de marée III.
1751, 25 mars. Concepcion, tremblement de terre et raz de marée III.
1760. Mendoza-Santiago, tremblement de terre.
1775, 17 mars. Valparaiso, tremblement de terre I.
1782, 22 mai. Santiago-Mendoza, tremblement de terre.
1784. Viernes Santo, Arica, tremblement de terre.
1784, 23 mai. Arica-Arequipa, tremblement de terre.
1787, 1^{er} février. Castro, tremblement de terre I.
1787, 23 mars. Arequipa, forte secousse I.
1790, 19 mai. Tucapel, tremblement de terre.
1793, 7 août. Arica, tremblement de terre.
1793, 30 novembre. Serena, tremblement de terre.
1796, 30 mars. Copiapo-Vallenar, tremblement de terre III.

XIX^e siècle.

- 1801, 1^{er} janvier. Serena, tremblement de terre III.
1804, 27 octobre. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
1813, 30 mai. Arequipa-Arica, tremblement de terre.
1819, 3, 4 et 11 avril. Copiapo, tremblement de terre III.
1821, 10 juillet. Arequipa-Arica, tremblement de terre III.
1822, 5 novembre. Copiapo et Coquimbo, tremblement de terre II.
1822, 19 novembre. Valparaiso et Santiago, tremblement de terre et raz de marée III.

- 1829, 26 septembre. Valparaiso et Santiago, tremblement de terre I.
- 1829, 1^{er} octobre. Santiago, tremblement de terre I.
- 1831, 8 octobre. Arica, tremblement de terre I.
- 1833, 25 avril. Huesco, tremblement de terre I.
- 1833, 16 octobre. Arequipa-Arica, tremblement de terre II.
- 1834, juillet. Ica-Arica, tremblement de terre I.
- 1835, 20 février. Concepcion, tremblement de terre et raz de marée III.
- 1836, 3 juillet. Cobida-Mejillones, raz de marée.
- 1837, 7 novembre. Valdivia, tremblement de terre III.
- 1843, 17 décembre. Serena, tremblement de terre I.
- 1844, 18 octobre. Salta-Antofagasta, tremblement de terre III.
- 1845, 3 juillet. Arica, tremblement de terre I.
- 1847, 19 janvier. Copiapo, tremblement de terre I.
- 1847, 17 octobre. Coquimbo, tremblement de terre II.
- 1848-1850. Bolivia, Tarapaca, tremblement de terre II.
- 1849, 9 avril. San Luis-Mendoza-Aconcagua, tremblement de terre III.
- 1849, 17 décembre. Coquimbo, tremblement de terre et raz de marée I.
- 1850, 6 décembre. Santiago, tremblement de terre II.
- 1851, 2 avril. Santiago, tremblement de terre II.
- 1851, 26 mai. Atacama, tremblement de terre II.
- 1854, 14 janvier. Coquimbo, tremblement de terre II.
- 1859, 5 octobre. Copiapo, tremblement de terre I.
- 1860, 18 avril. Arequipa-Arica, tremblement de terre I.
- 1860, 20 septembre. Tacna, tremblement de terre I.
- 1861, 20 mars. Chili (indéterminé), tremblement de terre III.
- 1861, 29 août. Argentine-Chili, en face de San Carlos, tremblement de terre I.
- 1862, 5 février. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
- 1862, 20 mai. Tacna et Arica, tremblement de terre II.
- 1863, 29 juin. Arequipa-Arica, tremblement de terre I.
- 1864, 12 janvier. Copiapo, tremblement de terre I.

- 1866, 23 juin. Copiapo, tremblement de terre I.
1868, 12 octobre. Copiapo, tremblement de terre I.
1868, 13 août. Nord du Chili, tremblement de terre et raz de marée III.
1869, 29 mars. Mendoza-Santiago, tremblement de terre I.
1869, 29 avril. Talca, tremblement de terre I.
1869, 29 juin. Arequipa-Arica, tremblement de terre I.
1869, 19 août. Arica-Ica, tremblement de terre et raz de marée III.
1869, 24 août. Nord du Chili, tremblement de terre I.
1869, 26 octobre. Cobija-Mejillones, tremblement de terre I.
1869, 3 novembre. Arequipa-Arica, tremblement de terre I.
1870, 23 mars. Calama, tremblement de terre.
1870, 25 mars. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
1871, 23 février. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre II.
1871, 24 mars. Santiago et Valparaiso, tremblement de terre I.
1871, 5 octobre. Tarapaca, tremblement de terre I.
1871, 22 octobre. Jujui-Antofagasta, tremblement de terre III.
1873, 7 juillet. Chili central, tremblement de terre III.
1874, 26 octobre. Santiago, tremblement de terre I.
1876, 11 février. Coquimbo, tremblement de terre II.
1877, 9 mai. Iquique et nord du Chili, tremblement de terre et raz de marée I.
1877, 17 mai. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre I.
1878, 23 janvier. Tarapaca, tremblement de terre I.
1879, 2 février. Magellan et Terre de Feu, tremblement de terre I.
1880, 15 août. Valparaiso, tremblement de terre I.
1882, 6 mars. Catamarca-Nord du Chili, tremblement de terre II.
1883, 1^{er} octobre. Arequipa-Iquique, tremblement de terre I.
1884, 26 novembre. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre I.

- 1890, 24 avril. San Felipe, tremblement de terre I.
1891, 15 août. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre I.
1894, 27 octobre. Argentine-Nord du Chili, tremblement de terre II.
1898, 23 juillet. Concepcion, tremblement de terre I.
1899, 12 avril. Argentine-Nord du Chili, tremblement de terre I.

XX^e siècle.

- 1900, 23 octobre. Argentine et Chili central, tremblement de terre I.
1903, 12 août. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
1903, 7 décembre. Vallenar-Copiapo, tremblement de terre II.
1904, 19 mars. Vallenar-Copiapo, tremblement de terre II.
1905, 20 septembre. Argentine-Nord du Chili, tremblement de terre I.
1906, 16 août. Valparaiso et Chili central, tremblement de terre III.
1907, 13 juin. Valdivia, tremblement de terre I.
1907, 14 août. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
1908, 23 février. Antofagasta, tremblement de terre I.
1908, 16 juillet. Sud du Pérou-Nord du Chili, tremblement de terre I.
1909, 11 février. Sud du Pérou-Nord du Chili, tremblement de terre I.
1909, 17 mai. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre II.
1909, 8 juin. Chanaral-Copiapo, tremblement de terre et raz de marée II.
1909, 22 juillet. Bolivie-Nord du Chili, tremblement de terre III.
1922, 10 novembre. Atacama, tremblement de terre et raz de marée III.
1927, 14 avril. Santiago-Mendoza, tremblement de terre I.
1928, 1^{er} décembre. Constitucion-Talca, tremblement de terre III.
1930, 17 octobre. Quillota, tremblement de terre I.

V. — Monographies séismiques

Nous donnons ici la monographie détaillée des tremblements de terre principaux survenus au Chili depuis les temps historiques.

Le 28 octobre 1562, il y eut un violent tremblement de terre en face des côtes d'Arauco. Il fut suivi d'un raz de marée qui inonda toutes les côtes du sud du Chili. On n'a guère de renseignements sur les dégâts occasionnés, car, à cette époque, il n'y avait pas grand'chose à détruire en cet endroit.

Le 8 février 1570, un tremblement de terre détruisit la ville de Concepcion, située alors à l'endroit où se trouve aujourd'hui Penco. Il y eut plusieurs raz de marée ; de grandes crevasses s'ouvrirent dans le sol et il en jaillit de l'eau chaude, de la boue et des émanations sulfureuses.

Le 17 mars 1575, un tremblement de terre intense détruisit partiellement la ville de Santiago, faisant s'écrouler des murailles et des maisons.

Le 16 décembre de la même année, un autre tremblement de terre très violent détruisit la ville de Valdivia. Le fleuve présenta un phénomène extraordinaire : la moitié se vida dans la mer, l'autre moitié se retira vers l'intérieur, laissant le lit à sec. Peu de temps après, une énorme vague venant de la mer envahit le lit du fleuve jusqu'à l'intérieur des terres. Rien ne resta debout dans la ville de Valdivia. La terre se crevassa ; Villarrica, Osorno, Imperial et Castro tombèrent en ruines. La mer envahit les côtes d'Imperial, une centaine d'Indiens se noyèrent. A l'intérieur de la Cordillère des Andes, les décombres amassés dans le lit des fleuves les obstruèrent et en arrêterent le cours ; quatre mois plus tard, les eaux se dégagèrent, une formidable crue dévala avec la force d'une avalanche dans la vallée centrale du Chili et

l'inonda. Les habitants de Valdivia, qui avaient pu se réfugier à temps sur une éminence, furent entourés par les eaux comme dans une île et voyaient de là passer devant eux leurs maisons, les Indiens et les animaux ; ce fut une réplique à moindre échelle du Déluge universel.

Le 14 mai 1633, à l'aube, les habitants de Carelmapu furent réveillés par un tapage assourdissant. La mer montait, emportant hommes et maisons. Le ciel se couvrit d'épais nuages et le tonnerre gronda pendant plusieurs heures, au milieu d'une violente tempête électrique. Seule la livide lumière des éclairs et de la foudre illuminait les survivants.

Le 13 mai 1647 eut lieu le fameux tremblement de terre dont le souvenir s'est perpétué à Santiago. L'épicentre se trouvait dans la même région que celui du séisme du 14 avril 1927. Il s'annonça par une petite secousse, à peu près un quart d'heure d'avance. A 10 h. 30 de la nuit, le séisme éclata avec une violence terrible. Santiago fut détruit dans le « demi-quart d'heure » que dura le cataclysme. Ensuite, le ciel se couvrit d'épaisses nuées isolées et de profondes ténèbres envahirent la cité. L'hiver qui suivit fut très rigoureux.

Le 15 mars 1657, à 7 h. 30, un autre tremblement de terre fit tomber en ruines la ville de Concepcion. La mer monta deux heures plus tard et emporta toute la ville. L'aire mésoséismique s'étendit depuis la province de Maule jusqu'à Cautin.

Le 9 juillet 1657, un nouveau tremblement de terre détruisit en partie Santiago. La mer était très agitée depuis l'aube sur toute la côte de Valparaiso.

En 1709, un autre grand tremblement de terre détruisit les villes de Concepcion et Chillan.

Le 24 mai 1724, il y eut une secousse à caractère de séisme qui laissa Santiago en bien mauvais état. Beaucoup de murailles s'écroulèrent ; il y eut quelques morts et de nombreux blessés.

Le 8 juillet 1730, un nouveau tremblement de terre détruisit Santiago. Vers une heure du matin se produisit la pre-

mière secousse qui dura un quart d'heure et qui ne fut que le préliminaire du séisme. En effet, à 4 h. 30 du matin vint la seconde secousse, si violente qu'on ne pouvait pas se tenir debout. Enfin, à 12 h. 30 du jour vint la troisième secousse, avec une furie inouïe. Ceci montre qu'après la première secousse il y avait des probabilités que le phénomène se répéterait et qu'il se répéterait avec une intensité plus grande ; ce fut une grave erreur de la part des habitants que de croire qu'après la première secousse les plus fortes avaient déjà passé et qu'ils pouvaient retourner dans leurs maisons. A Valparaiso, ce séisme provoqua un grand raz de marée qui emporta tout ce qui se trouvait sur son passage.

Le 24 décembre 1737, un grand tremblement de terre détruisit Valdivia. Il se manifesta également par trois secousses, mais à intervalles rapprochés. Ce séisme occasionna de grands dégâts à Chiloé.

Le 25 mai 1751, à 1 h. 30 du matin, une forte secousse ébranla Santiago et dura six minutes. Le même jour, à la même heure, il y eut un grand tremblement de terre à Concepcion. Celui-ci fut précédé le 23 par un tremblement violent et par une forte secousse dix minutes auparavant. Ensuite vint le séisme avec une violence extraordinaire. Le fracas du tremblement de terre était épouvantable et rendu encore plus intense par les bruits sourds souterrains. Immédiatement après, la mer se retira à trois kilomètres à l'intérieur des terres, laissant la côte à sec ; puis il se forma une vague gigantesque qui rasa la ville. Cette première vague séismique fut suivie d'une autre, après laquelle plus rien de la cité ne resta debout.

Le 19 novembre 1822, un tremblement de terre détruisit partiellement Valparaiso. La mer était très agitée, comme pendant une tempête, un raz de marée se produisant en même temps. Les secousses furent ressenties aussi fortement à bord des bateaux que sur terre. Toute la région de Casablanca, Limache, Quillota, San Felipe et Santiago fut fortement affectée.

Le 20 février 1885, un violent tremblement de terre dé-

truisit presque tout le sud du Chili ; il fut particulièrement violent à Concepcion. La mer se retira à trois kilomètres et ensuite trois gigantesques vagues séismiques rasèrent la ville avec une furie irrésistible.

Antérieurement, le 7 novembre 1837, un grand tremblement de terre, particulièrement intense à Valdivia, avait affecté le sud du Chili. Le mouvement commença lentement à partir de 7 heures du matin, la première phase du tremblement de terre se produisant à ce moment. La seconde phase vint à 8 heures du matin, avec de fortes oscillations. Ce séisme fut accompagné de grands raz de marée dans tout l'océan Pacifique.

* * *

A cet historique général des tremblements de terre survenus au Chili fera suite l'étude particulière des quatre grands séismes du siècle présent, à savoir : celui de Valparaiso du 16 août 1906 ; celui de Copiapo du 10 novembre 1922 ; celui de Santiago du 14 avril 1927, et celui de Talca du 1^{er} décembre 1928.

* * *

Le tremblement de terre de Valparaiso du 16 août 1906

Le tremblement de terre de Valparaiso (16 août 1906) fut précédé, une demi-heure auparavant, par un violent cataclysme survenu dans les profondeurs de l'océan Pacifique, en face des côtes de l'Alaska. Les séismologues Rudolf et Tams ont étudié, sous les auspices de l'Association internationale de séismologie, les téléseismogrammes relatifs à ce phénomène.

Cette secousse préliminaire rompit nécessairement l'équilibre du géosynclinal circumpacifique ; à peu près une demi-heure plus tard éclata le tremblement de terre de Valparaiso, lequel était peut-être sur le point de se produire.

On peut résumer de la manière suivante les observations que fit sur ce séisme le directeur de l'Observatoire météorologique de Santiago, M. Kranhass :

« Le tremblement de terre commença brusquement à 19 h. 58 m. 36 s., sans aucun bruit antérieur, par une forte oscillation du nord au sud. L'amplitude des oscillations augmenta progressivement jusqu'à atteindre dix centimètres; leur période était de $1/5^e$ à $1/6^e$ de seconde. A chaque changement de sens on entendait un sourd bruit souterrain. Ces grandes oscillations durèrent jusqu'à 20 h. 00 m. 56 s., moment où il y eut un calme relatif; puis, à 20 h. 07 m. 26 s., elles recommencèrent sans bruit préliminaire et pendant une durée de vingt secondes. »

L'épicentre du phénomène se trouve situé entre Limache et Valparaiso; dans toute cette région, les mouvements furent verticaux et se propagèrent sous une forme ondulatoire dans le reste du pays.

Le tremblement de terre fut précédé de changements atmosphériques remarquables, dont voici le détail :

Le 15 août, le régime isobarique présentait un centre de haute pression de 764 millimètres à Aconcagua et une dépression intense avec un minimum de 754 millimètres à Valparaiso. Il y eut ce jour-là un mauvais temps général de Valparaiso à Osorno, avec des pluies abondantes et de violents vents d'ouragan venant du nord.

Le 16 août, les conditions météorologiques changèrent considérablement. Le centre anticyclonique d'Aconcagua devint plus intense, allant depuis Coquimbo jusqu'à Matanzas, avec centre de haute pression de 765 millimètres à Valparaiso. La dépression traversa la région australe et le temps commença à s'améliorer, restant variable avec de forts coups de vent de terre, de fortes rafales venant du nord, d'épais nuages isolés et des averses qui se prolongèrent jusqu'à la tombée de la nuit.

Le 17 août, le centre anticyclonique se déplaça vers le nord, amenant de nouveau dans toute la zone centrale un gradient barométrique favorable au mauvais temps.

Il résulte de ce qui précède que le tremblement de terre coïncida avec une forte augmentation de la pression atmosphérique dans la région épacentrale, augmentation s'élevant à plus de 13 000 tonnes par kilomètre carré de superficie.

La crise séismique qui suivit le tremblement de terre de Valparaiso se prolongea pendant dix-huit mois, période au cours de laquelle le calme séismique se rétablit d'une façon progressive.

Pendant ce tremblement de terre, on n'observa ni tempête en mer ni raz de marée. On ne put davantage constater de soulèvements appréciables de la côte.

Le tremblement de terre de Copiapo du 10 novembre 1922

Ce tremblement de terre présente des caractères spéciaux non seulement par son extraordinaire intensité, mais aussi parce qu'il fut accompagné d'un raz de marée qui enleva toutes les habitations de la côte.

Les observations les plus complètes sont celles que fit Don Luis Bierra, qui dirigeait la station séismologique de Copiapo :

« A 23 h. 53 m. 30 s. », dit-il, « on entendit un formidable bruit du cinquième degré, semblable à un violent coup de tonnerre, qui réveilla ceux qui dormaient et remplit d'épouvante tout le monde. Immédiatement commença un mouvement de la terre du cinquième degré d'intensité de l'échelle Rossi-Forel, qui se maintint pendant trente secondes, augmentant ensuite d'intensité jusqu'au huitième degré pendant vingt secondes, puis les oscillations approchèrent du degré maximum et durèrent ainsi pendant trois minutes ; l'intensité diminua ensuite petit à petit jusqu'au degré 4, s'y maintint pendant quelques minutes, augmenta de nouveau jusqu'au degré 8 et, enfin, diminua définitivement. La durée totale fut de onze minutes. »

Une demi-heure après le tremblement de terre, on observa

sur toute la côte, de Caldera à Coquimbo, que la mer se retirait, laissant le littoral à sec ; ensuite vint une vague de marée qui avança graduellement, inondant la terre. Cette première vague fut suivie de trois autres à intervalles d'un quart d'heure à peu près. La plus intense fut la dernière, qui s'éleva à une hauteur supérieure à cinq mètres. L'agitation de la mer se maintint pendant toute la matinée du 11 novembre.

L'épicentre du phénomène est situé dans le secteur Copiapo-Vallenar. Dans toute cette zone, les secousses furent verticales et se propagèrent vers le sud et vers le nord et dans le reste du pays.

De même que le séisme du 16 août 1906, celui de Copiapo fut précédé d'une forte secousse prémonitoire qui eut lieu le 7 novembre. Depuis cette date, le géosynclinal circumpacifique se trouvait en rupture d'équilibre au foyer séismique de Copiapo.

Le tremblement de terre fut accompagné de considérables changements atmosphériques : le 9 novembre, il y avait un centre anticyclonique à Valdivia et une aire de basse pression relative dans la région centrale, cependant qu'à Coquimbo et Atacama se trouvait un centre secondaire de haute pression de 761 mm. Le 10, la pression descendit brusquement à 758 mm. dans la région épacentrale, la vague de baisse se propageant dans le reste du pays. Il y eut une élévation générale de la température et le centre anticyclonique de Valdivia fut détruit. La pression descendit dans le sud et monta de nouveau dans le nord aussi rapidement qu'elle avait baissé ; le tremblement de terre fut accompagné d'un brusque changement de temps dans la zone affectée, avec baisse de température, augmentation de la nébulosité et pluies qui donnèrent une précipitation de 0,6 mm. dans la Serena, phénomène rare dans cette région et à cette époque. La variation totale de la pression dans la région épacentrale dépassa 40,000 tonnes par km² de superficie.

Ces changements de temps coïncidèrent aussi avec une perturbation électrique assez intense. L'enregistreur de tem-

pêtes accusa de fortes décharges dans la nuit du 10 au 11 et dans les suivantes, les magnétographes indiquèrent une perturbation magnétique, en même temps qu'une grande tache traversait le méridien central du soleil.

La crise séismique provoquée par le tremblement de terre de Copiapo se prolongea pendant deux mois et diminua en janvier 1923.

Le tremblement de terre de Santiago du 14 avril 1927

Nous donnons ci-dessous le résumé des recherches scientifiques faites par l'Observatoire del Salto avec la collaboration des observatoires de Mount Wilson, de l'Ebre, du Pilar, de la Plata et de La Paz.

On peut considérer comme région épicertrale la chaîne de montagnes qui forme la frontière Argentine-Chili, entre les monts Tupungato et Aconcagua.

En comparant P Santiago avec O La Plata, on arrive à la conclusion que l'épicentre est situé à une distance de 230 à 300 km. de Santiago.

Se basant sur les manifestations macroséismiques, on déduit ensuite que le foyer du tremblement de terre doit se trouver à une distance à peu près égale entre Santiago et Mendoza ; puis on peut estimer d'après les destructions causées que l'intensité entre ces deux localités est du degré 9. L'épicentre calculé ci-dessus est d'accord avec cette déduction.

Le Dr D. A. Loos, chef de l'Observatoire séismologique de Mendoza, prenant pour base ses observations macroséismiques locales et d'accord avec les observations instrumentales des observatoires de La Plata et de La Paz, considère le séisme comme bilatéral par rapport à la Cordillère des Andes.

A Santiago, le phénomène commença le 14 avril à 1 h. 41 m. 14 s. par une forte oscillation. D'après la station séis-

mologique de Santiago, le première oscillation fut de 5 microns vers le sud, la seconde de 15 microns, la troisième de 80, la quatrième de 240, la cinquième de 370, la sixième de 800 ; la septième fut incomplète et les aiguilles sautèrent.

Depuis le début de 1927, on avait remarqué une augmentation de la fréquence séismique dans la région de la vallée d'Aconcagua. La plus grande partie des tremblements de terre avaient leur épïcêtre à une distance qui, en moyenne, oscillait aux environs de 100 km. de Santiago. En janvier furent inscrits neuf séismes, dont quatre étaient à une distance approximative de 100 km. ; en février, quatorze, dont sept à une distance épïcentrale analogue ; en mars, la fréquence séismique augmente, atteint le chiffre de dix-neuf séismes, dont sept à la distance indiquée. Pendant ce mois de mars, l'attention est spécialement attirée par l'importance de l'agitation microséismique enregistrée du 9 au 17, un mois précisément avant le tremblement de terre. Au cours de la première décade d'avril, tous les séismes inscrits se trouvent à une distance épïcentrale de 100 km. ; ce qui indique clairement l'augmentation de la fréquence séismique dans la région épïcentrale.

La température fut variable pendant les jours qui précédèrent le tremblement de terre ; il y eut un changement brusque le 9, avec nuées d'orage et bruines, qui donnèrent une pluie de 1,5 mm. Entre le 12 et le 13 avril, il y eut dans la vallée de l'Aconcagua une forte augmentation de la pression atmosphérique, évaluée à plus de 50 000 tonnes par km² de superficie.

Il se produisit, cependant, d'autres phénomènes, plus notables que les variations de température et qui coïncidèrent avec le tremblement de terre.

Dans la même nuit où eut lieu le séisme, et presque en même temps, deux volcans de la Cordillère des Andes entrèrent en activité : le Descabezado, en face de Talca, et le Llaima, en face de la ville du même nom.

Un autre phénomène très intéressant fut l'intense pertur-

bation électro-magnétique qui coïncida avec le tremblement de terre. Elle fut inscrite par le magnétographe Nodon installé dans le sous-sol de l'Observatoire du Salto, et confirmée plus tard par des observations analogues enregistrées aux observatoires magnétiques du Pilar en Argentine et de l'Ebre en Espagne.

Ci-dessous sont indiqués les éléments magnétiques inscrits à l'Observatoire magnétique du Pilar, avec leurs composantes horizontales :

<i>Jours</i>	<i>Maximum</i>	<i>Minimum</i>	<i>Amplitude</i>
12 avril	865	797	68
13 —	895	828	67
14 —	888	646	242
15 —	805	756	49

D'autre part, Don Luis Rodés, directeur de l'Observatoire de l'Ebre, nous fait part des observations suivantes :

« Le 13 avril, les éléments magnétiques furent calmes jusqu'à 23 heures ; à 23 h. 45, on enregistra un saut brusque des composantes verticale et horizontale ; la période la plus remarquable de cette perturbation s'inscrivit le 14 avril de 9 à 17 heures. Les courants telluriques subirent aussi une perturbation analogue le 13 à 23 h. 50 et le 14 de 6 heures à 17 heures. Ces perturbations coïncidèrent avec le passage par le centre du soleil d'un groupe intense de taches. »

Le tremblement de terre de Talca du 1^{er} décembre 1928

Le résumé général ci-dessous comprend le résultat des recherches scientifiques effectuées par la Commission de l'Observatoire du Salto, qui put étudier le tremblement de terre dans la région affectée même et mit aussi à profit la collaboration des savants étrangers : Observatoire San Calixte de La Paz (Bolivie) ; Observatoire Ximeniano de Florence (Italie) ; Observatoire de Zi-ka-weï (Chang-haï, Chine) ; Observatoire de l'Ebre (Tortosa, Espagne) ; Observatoire de La Plata (Argentine) ainsi que celle de la Station séismologique de l'Université du Chili,

Nous rappelons que ces recherches ont été faites pour le compte particulier de l'Observatoire del Salto, sans la moindre aide gouvernementale.

M. Miguel Machado, professeur de géologie, qui faisait partie de la Commission scientifique de l'Observatoire du Salto, a conclu de la manière suivante son étude de la région :

« 1^o La région de Talca est située sur un revêtement de cendre volcanique et de terrain rapporté. Les collines qui l'entourent sont de formation secondaire. Le plateau de Camarico, qui s'élève vers le nord, présente la même formation géologique, sur des coteaux en pente douce de formation secondaire.

« 2^o La ville de San Fernando est située sur un sous-sol de terre rapportée. Les collines les plus proches, comme celle de Centinela, sont formées de conglomérats de tuf volcanique stratifié. Vers le nord-est, les collines d'Apalta présentent des formations rocheuses de diorite et de granite.

« 3^o La ville de Santa-Cruz est située sur des terres rapportées et est entourée par les montagnes de la Côte, toutes de formation secondaire.

« 4^o La Cordillère des Andes, en face de la région de Talca et de San Fernando, présente des montagnes de formation secondaire avec des conglomérats de roches argileuses, de granites, andésites et porphyrites. »

D'après les déterminations séismologiques faites par les Observatoires de La Paz, de Sucre et d'Ottawa — ce dernier au Canada — l'épicentre doit se trouver à 35^o4' latitude S, 71^o5' longitude O de Greenwich.

Nos déterminations macroséismiques effectuées sur le lieu même du tremblement de terre indiquent que l'hypocentre ou foyer séismique n'a pas été exactement un *point*, mais bien une *ligne* de fracture, parallèle à la vallée du Maule. Ainsi s'explique le fait que Talca et Constitucion, situées presque aux deux extrémités de cette ligne, tombèrent simultanément en ruines aux premières secousses verticales.

Le tremblement de terre se produisit le 1^{er} décembre 1928

à 0 h. 6 m. 40 s. ; il débuta par une forte secousse verticale, à laquelle en succédèrent d'autres, en ordre progressivement croissant. Des centaines d'observations qui nous sont parvenues en réponse à nos circulaires, on peut conclure que cette première crise fut suivie d'une courte période de calme, à laquelle succédèrent de nouvelles secousses très violentes dont la durée totale fut de 1 m. 45 s.

Les ondes se propagèrent au nord et au sud de l'épicentre en sens ondulatoire.

Pendant toute la nuit, la terre continua à trembler avec plus ou moins d'intensité ; nous avons pu observer cette agitation microsismique constante de la terre sur les troposéismographes à inscription photographique qui sont placés dans les sous-sols de l'Observatoire du Salto.

Vingt-quatre heures plus tard, une nouvelle crise se produisit, avec une violente secousse qui causa de nouvelles alarmes dans toute la région affectée.

Dans ce tremblement de terre, la propagation des ondes sismiques présente de nombreuses irrégularités ; ces ondes subissent des réflexions multiples, selon la constitution géologique du terrain. Ainsi s'explique qu'en certains points les ondes se dirigent d'est en ouest, en d'autres points du nord au sud, etc. Toutes ces modifications, capables de faire perdre l'esprit à un séismologue, trouvent facilement leur explication dans l'étude géologique de la région.

Aux différentes espèces de roches, aux différents revêtements géologiques correspondent des coefficients différents de propagation des ondes sismiques, surtout des plus longues qui sont désignées par la lettre L. Ces ondes subissent des modifications d'intensité et de vitesse considérables.

Nous savons ainsi qu'elles se propagent :

Dans le granite, avec une vitesse de	4 940 m./s.
Dans les roches archéennes, avec une vitesse de	4 686 —
Dans les roches paléozoïques, avec une vitesse de	4 096 —
Dans les roches mésozoïques, avec une vitesse de	3 420 —
Dans les roches cénozoïques, avec une vitesse de	2 853 —
Dans les roches éruptives, avec une vitesse de	4 370 —

Dans les roches métamorphiques, avec une vitesse de .	3 605 m. /s.
Dans les roches sédimentaires, avec une vitesse de .	3 473 —
Dans les sables et terres rapportées, seulement. . .	1 670 —

Ceci nous explique clairement pourquoi les ondes séismiques longues (L) se propagent avec une plus grande vitesse à travers les chaînes montagneuses et rocheuses et, par contre, s'amortissent plus rapidement à travers les terrains rapportés meubles de la vallée centrale.

Alors que la ville de Santa-Cruz, entourée par les collines de formation secondaire de la chaîne de la Côte, tombait en ruines, San Fernando, dans la vallée centrale, restait intact.

Alors qu'était entièrement démoli le Tranque de Goya dans la Cordillère des Andes, Rancagua en face, dans la vallée centrale, n'avait à subir que peu de dommages.

On a pu établir à ce moment, comme règle générale, que les régions qui ont le plus souffert sont celles situées au voisinage immédiat de collines ou massifs montagneux ; de ces massifs rayonnent des ondes séismiques secondaires ou réfléchies qui font ressentir les mouvements de la mer à la Cordillère ou vice versa, tandis que les ondes directes se propagent du sud au nord, parallèlement à la vallée centrale du Chili.

Dans les régions montagneuses de roches anciennes, les ondes séismiques arrivent en premier lieu et sont le plus violentes ; dans les régions de terrains rapportés, elles arrivent plus tard et sont moins violentes.

On construisit la carte isoséismique sur la base de ces principes élémentaires, ces phénomènes étant confirmés par nos déterminations séismométriques personnelles.

Nous donnons ici les déterminations séismométriques établies par la Commission de l'Observatoire du Salto sur une ligne allant de la mer à la Cordillère, à la latitude de San Fernando :

<i>Localités</i>	<i>Degrés de l'échelle internationale</i>
Pichilemu	6
La Lajuela	7
Santa-Cruz	9

<i>Localités</i>	<i>Degrés de l'échelle internationale</i>
Cunaco	8
Nancagua	9
Placilla	8
San Fernando	7
Puente Negro	5
Llano Briones	5
Los Quillayes	9
Cordillère (intérieur)	10

Sur une autre ligne tracée du nord au sud, on peut voir comment le plateau de Camarico amortit la propagation des ondes, laissant dans la zone d' « ombre séismique » une grande partie de la vallée centrale :

<i>Localités</i>	<i>Degrés de l'échelle internationale</i>
San Fernando	7
Chimbarongo	7
Estacion Quinta	6
Curico	8
Lontué	8
Molina	7
Camarico	7
Talca	10
Constitucion	10
Linares	8
Chillan	7

De même que lors du tremblement de terre de Santiago du 14 avril 1927, on a observé à celui de Talca une augmentation de la fréquence microséismique dans la région épicertrale.

La température subit de fortes altérations ; le 30 novembre, il était survenu un brusque changement dans toute la zone centrale, avec augmentation de la nébulosité et abaissement de la température, en même temps qu'un centre anticyclonique avec un maximum de 765 mm. se formait sur la vallée du Maule. Le 1^{er} décembre, le centre anticyclonique se déplaça, allant vers le nord, s'arrêtant sur Coquimbo, pendant qu'une intense dépression atmosphérique apparaissait dans la région australe, provoquant du mauvais temps et des pluies pendant les journées suivantes. On peut estimer

que la variation de pression qui se produisit dans la région épiscopale dépassa 60 000 tonnes par km² de superficie.

Le magnétographe indiqua à partir du 30 novembre une forte perturbation électro-magnétique qui s'accrut dans la matinée du 1^{er} décembre ; pendant toute la nuit, les aiguilles magnétiques furent en agitation constante, avec une période d'oscillations d'environ sept secondes.

On n'observa pas de raz de marée ; mais pendant toute la matinée du 1^{er} décembre il y eut une agitation intense en face des côtes de la zone centrale et particulièrement en face de Constitucion.

D'après les informations communiquées par les ingénieurs de la maison Franke et Julian, constructeurs des œuvres du port, on ne constata pas de soulèvements ni d'affaissements appréciables sur la côte de Constitucion.

Un mois plus tard à peu près, on observa une activité considérable dans les volcans du sud, phénomène qui eut son point culminant dans la violente éruption du volcan Calbuco, le 6 janvier 1929.

La crise sismique provoquée par le tremblement de terre de Talca diminue graduellement pendant les premiers mois de 1929.

VI. — Répartition de la fréquence sismique¹

TABLEAU COMPARÉ DE LA FRÉQUENCE SÉISMIQUE D'ARICA
A MAGELLAN

Arica	0,3
Iquique	0,2
Antofagasta	0,4
Taltal	0,7
Caldera	1,5
Copiapo et Vallenar	37,0

1. Dans tous les tableaux nous avons donné le nom de « tremblement de terre » [terremoto] à toutes les secousses [temblores] qui ont dépassé le degré 8 de l'échelle internationale.

Coquimbo	8,0
Vallée de l'Aconcagua, y compris Santiago et Valparaiso	33,0
San Fernando	4,0
Talca	6,0
Concepcion	3,0
Temuco	1,0
Valdivia	4,5
Puerto Mont	1,0
Magellan	aséismique

TABLEAU DE LA FRÉQUENCE SÉISMIQUE ANNUELLE

Il résulte des statistiques pratiques que la fréquence sismique annuelle présente une variation périodique bien marquée et qu'elle varie en raison inverse des variations de l'activité solaire.

On a également observé que la fréquence sismique paraît être plus intense au printemps et en été qu'en automne et en hiver.

<i>Années</i>	<i>Tremblements de terre</i>	
1909	129	
1910	188	
1911	244	
1912	300	
1913	145	
1914	141	
1915	97	
1916	98	
1917	100	
1918	96	
1919	52	
1920	83	
1921	81	
1922	195	
1923	94	
1924	106	
1925	133	
1926	171	
1927	113	
1928	368	
1929	83	
1930	64	

Tremblements de terre
enregistrés à Santiago.

RÉPARTITION DES TREMBLEMENTS DE TERRE PAR SIÈCLES

xvi ^e siècle	: 9	tremblements de terre.
xvii ^e siècle	: 12	tremblements de terre.
xviii ^e siècle	: 20	tremblements de terre.
xix ^e siècle	: 71	tremblements de terre.
xx ^e siècle	: 17	jusqu'à la date présente.

Il y a en moyenne un grand tremblement de terre tous les trois ans. D'une manière générale, on observe que cette région de la planète se dirige rapidement vers une crise sismique intense avec une augmentation graduelle et progressive de la fréquence et de l'intensité des séismes.

ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

Relation entre les tremblements de terre et les changements de temps

La relation étroite entre certains tremblements de terre et les changements brusques de l'état du temps est un phénomène observé et établi depuis l'époque de la Colonie.

Don Benjamin Vicuna Mackenna fut l'un des premiers à signaler ces phénomènes sous une forme systématique, dans son livre *El clima de Chile*. Il avait réuni une nombreuse série d'observations sur ce sujet.

Par la suite, le savant séismologue Don Fernand Montessus de Ballore nia l'existence de cette relation, se basant sur des statistiques très riches dans lesquelles étaient indiquées la fréquence séismique et les moyennes de pression, de température, de pluie, etc. Mais ces statistiques n'ont aucune valeur probante, car elles avaient été établies sans qu'il eût été procédé préalablement à une classification détaillée des tremblements de terre et des phénomènes météorologiques.

C'est un fait bien connu des météorologistes que lorsqu'on travaille sur des moyennes les valeurs positives et négatives s'annulent mutuellement, et c'est là la raison pour laquelle il n'en résulte aucune relation avec le phénomène séismique. Il est donc nécessaire, pour procéder d'une manière scientifique, de faire une étude analytique de la loi de variation du phénomène.

Or, entrant au fond de la question, nous pouvons signaler des cas concrets dans lesquels une telle relation a existé, mais encore faut-il pour qu'elle se produise qu'interviennent de multiples circonstances déterminantes. Tous les tremblements de terre ne sont pas nécessairement accompagnés de changements de temps, et tous les changements de temps ne sont pas nécessairement accompagnés de tremblements de terre. Pour que la relation existe, il est nécessaire que, après une période prolongée de calme séismique absolu ou relatif,

la secousse soit sur le point de se produire. Dans ces circonstances, que nous appellerons « prédisposantes », il suffit que survienne dans l'état atmosphérique n'importe quel changement brusque pour qu'il agisse comme facteur déterminant du mouvement séismique.

Il n'y a pas de doute que l'élément qui a la plus grande valeur déterminante est la pression atmosphérique, puisque, pour chaque millimètre de variation, il y a un changement de treize kilogrammes par mètre carré, ce qui représente 13 000 tonnes par kilomètre carré de superficie. La production de ces énormes variations de pression sur des étendues de plusieurs milliers de kilomètres carrés, leur action à certains moments sur une ligne déterminée de fracture où les pressions se rassemblent et où l'équilibre est instable, suffisent à expliquer facilement comment cette brusque variation de pression peut être la « déterminante » d'un phénomène séismique sans en être néanmoins la cause¹.

D'autre part, les observations faites par Ernest Gherzi à l'Observatoire de Zi-ka-weï, avec des séismographes Galitzine-Wilip à inscription photographique, ont montré que le froid et la chaleur produisent des ondes de dilatation ou de contraction à la surface de l'écorce terrestre, nouvelle cause déterminante du phénomène dans les séismes qui sont sur le point d'éclater.

Enfin, ce ne sont pas seulement la pression et la température qui exercent une influence directe, mais d'autres éléments encore, tels que le vent, les marées, la houle, les tempêtes, qui provoquent une agitation microséismique clairement reproduite par les séismographes ultra-sensibles.

Il résulte de ce qui précède que la relation entre les tremblements de terre et les variations atmosphériques est un phénomène qui a une explication scientifique et se déduit de l'étude analytique de chaque phénomène en particulier. En travaillant sur des moyennes, les valeurs positives et négatives

1. N. D. L. R. On croit également au Japon à l'existence d' « actions déclenchantes ». Les opinions exprimées ici sont essentiellement personnelles à l'auteur.

tives s'annulent et il n'en résulte par conséquent aucune relation. Au moyen de l'estatoscope, on a pu mettre en évidence à l'Observatoire du Salto la relation de cause à effet entre les variations brusques de la pression comme facteur déterminant de tremblements de terre qui sont sur le point de se produire.

Sur la relation possible entre les phénomènes séismiques et les perturbations magnétiques et solaires

Dans de nombreux cas observés et confirmés, il existe une relation étroite entre les phénomènes séismiques et d'intenses perturbations électro-magnétiques et solaires. Ceci conduit à penser qu'il ne s'agit pas là de cas fortuits, mais qu'il est possible qu'une relation existe, bien qu'indirecte, entre tous ces phénomènes. Si cette relation n'a pas été observée antérieurement, c'est à cause de l'absence complète d'observations électro-magnétiques dans notre pays ; depuis que le premier magnétographe a été installé, les confirmations de ce phénomène ont été fréquentes.

Or, si nous admettons que certains tremblements de terre coïncident avec les changements atmosphériques, et qu'à leur tour ceux-ci, conformément à la loi de Clayton, dépendent des variations de la radiation solaire, il sera logique de s'attendre à des perturbations analogues et simultanées dans le magnétisme terrestre, puisqu'on a observé et constaté depuis à peu près un siècle que toutes les perturbations solaires importantes provoquent sur la terre des aurores polaires, des courants telluriques, des tempêtes électro-magnétiques. D'autre part, le déplacement de grandes masses minérales qui se produit dans les processus tectoniques peut être également la cause probable et nécessaire de ces perturbations magnétiques.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas trop hasardeux de supposer qu'entre tous ces phénomènes il doit exister un trait d'union, sans qu'il existe nécessairement un rapport de cause à effet.

M. Edmond Rothé, directeur de l'Institut de physique du globe, directeur du Service séismologique français et du Bureau central international, dit à ce sujet : « Il n'est pas superflu de comparer les inscriptions des séismographes et des magnétographes. Depuis quelque temps, cette étude a été entreprise par l'Observatoire de Zi-ka-weï et figure à l'ordre du jour du prochain Congrès international de géophysique et séismologie. »

Sans aucun doute, le cas typique le plus intéressant est celui de l'intense perturbation électro-magnétique qui a coïncidé avec le tremblement de terre de Santiago du 14 avril 1927, phénomène qui fut confirmé par les observations de l'Observatoire du Pilar (Argentine), de l'Observatoire du mont Wilson (États-Unis) et de l'Observatoire de l'Ebre (Espagne).

Il est dit dans une communication du mont Wilson, publiée dans le *Bulletin de la Société astronomique du Pacifique* : « Une grande tempête électro-magnétique est survenue le 14 avril 1927. Cette tempête fut provoquée par les groupes de taches solaires n^{os} 2933, 2934 et 2937, qui, sous forme d'un courant d'une longueur de 30°, ont traversé le méridien central du soleil entre le 11 et le 13 avril. D'autres groupes de taches solaires ont montré une considérable activité à cette date », etc.

D'autre part, M. Albert Nodon, président de la Société astronomique de Bordeaux (France), nous dit, dans une communication qu'il nous a envoyée : « Le 14 avril, le soleil présentait une grande quantité de foyers actifs ; de même que les groupes de taches, ils étaient au nombre de dix le 12 avril, de neuf le 13, de onze le 14 et de dix le 15. Du 13 au 14 avril, un immense groupe de taches solaires a traversé le méridien central du soleil, visible même à l'œil nu. Ce groupe commença à diminuer rapidement à partir du 14. »

Sur notre demande, M. Hazel Maire Losh, de l'Observatoire du mont Wilson, nous a envoyé la polarité électro-magnétique de ces groupes de taches, ainsi que l'intensité de

leur champ électro-magnétique en Gauss, déterminé au moyen du phénomène Zeemann :

Le groupe 2933, de polarité boréale, a un champ électro-magnétique de 17 000 Gauss.

Le groupe 2934 présentait une tache principale de polarité australe avec un champ électro-magnétique de 2 400 Gauss.

Le groupe 2937, de polarité boréale, avait une intensité électro-magnétique de 1 600 Gauss.

Ces observations, faites à l'Observatoire du mont Wilson, peuvent donner une idée de l'intense perturbation électro-magnétique provoquée par le passage de ces énormes groupes de taches solaires.

D'autre part et parallèlement, on a observé le 10 avril, à l'Observatoire du mont Montezuma (Smithsonian Institution), une intensification de la radiation solaire atteignant 1 952 calories, ce qui explique la concomitance entre les phénomènes magnétiques et météorologiques qui ont coïncidé dans le phénomène séismique.

L'astronome français M. Albert Nodon a présenté à la Société astronomique de Bordeaux, au sujet de ces phénomènes, la communication suivante :

« Dans une intéressante étude publiée à Santiago du Chili par M. Julio Bustos Navarrete, directeur de l'Observatoire du Salto, l'auteur fait l'analyse des théories les plus récentes sur l'origine des tremblements de terre et étudie, en particulier, les phénomènes observés lors du séisme de Santiago du Chili du 14 avril dernier. Cette question, d'une actualité palpitante, présente un intérêt spécial pour le Chili, constamment agité par les tremblements de terre.

« On admet généralement que les grandes perturbations solaires provoquent une émission coronale de substances fortement ionisées, dont une partie atteint la terre, déterminant la production de fortes charges électriques qui se localisent dans la haute atmosphère, particulièrement dans les régions polaires. Ce seraient ces énormes charges électriques qui, traversant l'atmosphère, produiraient les perturbations précédentes.

« De nombreuses communications présentées à l'Académie des sciences de Paris ont mentionné ces observations.

« Quelque temps avant l'apparition des tremblements de terre, le magnétographe commence à accuser des oscillations brusques dont la période moyenne est de sept secondes.

« Un électromètre à feuilles d'aluminium chargé et enfermé dans une cage de Faraday accuse des oscillations isochrones avec celles du magnétomètre. Ces effets sont perçus à de grandes distances des épacentres séismiques, surtout quand les séismes doivent être intenses ; c'est ainsi que nous avons pu observer nous-mêmes ces perturbations à Bordeaux et dans les Pyrénées avant les grands tremblements de terre japonais, c'est-à-dire presque aux antipodes.

« Les perturbations révélées par l'électromètre apparaissent et disparaissent brusquement, parfois pendant une semaine entière, et concordent souvent avec le passage de foyers solaires très actifs. »

Sur une relation possible entre les éruptions volcaniques et les phénomènes séismiques

Un point qui a été souvent discuté est la relation entre les phénomènes volcanologiques et les phénomènes séismiques. Dans ce travail, nous nous bornerons à résumer nos observations, faisant ressortir leur concomitance, mais sans prétendre établir entre elles une relation de cause à effet.

Dans de nombreux travaux présentés par des savants étrangers, entre autres par Don Pablo A. Loos, directeur de l'Observatoire séismologique de Mendoza, et par le professeur J. Hartmann, directeur de l'Observatoire de l'Université de La Plata, on trouve mention de nos recherches sur ce sujet.

En effet, depuis 1927, nos collaborateurs, membres de la Société météorologique du Chili, ont fait d'intéressantes observations volcanologiques en différents points du pays.

A la suite du tremblement de terre du 14 avril 1927, il se

produisit une intense activité volcanique dans la Cordillère des Andes. Le point culminant de cette crise fut l'éruption du volcan Llaima, qui est resté depuis lors en constante activité. Notre collaborateur à Lautaro de Llaima, M. Ricardo Ramirez, a dressé une intéressante série de graphiques comparés de l'activité du volcan Llaima pendant les années 1927 et 1928. Ces graphiques montrent que, dans l'année 1928, l'activité du volcan a été de moitié moins intense qu'en 1927.

Depuis cette diminution graduelle et progressive d'intensité, notre correspondant a observé deux crises violentes à la suite du tremblement de terre du 1^{er} décembre 1928 et ensuite après l'éruption du Calbuco en janvier 1929. Cette dernière crise, particulièrement intense, débuta le 18 janvier. A 17 heures commença à se former une énorme colonne de fumée, comme une sorte de trombe se terminant en un énorme cumulus qui se développait de plus en plus, mais sans perdre sa cohésion. Il se caractérisait par une base noir brun, à contours rougeâtres, et se terminait en un énorme flocon blanc. A 19 heures, on vit une coulée de lave, comme une grande raie noire allant depuis le bord du cratère jusqu'à la base. On observa en même temps de l'activité dans les volcans voisins, le Longuimay et le Tolhuaca.

La violente éruption du Calbuco qui eut lieu dans la matinée du 6 janvier 1929, à la suite du tremblement de terre de Talca, est un autre phénomène particulièrement intéressant. Notre observateur, le professeur Kurt Wolfugel, à Gayetué, lac Todos los Santos, nous communique ce qui suit : « Depuis le matin avant 6 heures, tonnerre violent et prolongé avec un ciel clair ; à 6 heures et demie, il commence à pleuvoir de la cendre ; le ciel se couvre progressivement et devient extrêmement sombre. A 8 heures, le soleil disparaît ; nous nous trouvons dans une nuit opaque. Tout le paysage est enveloppé de ténèbres, pendant qu'une épaisse pluie de cendre tombe verticalement. A 11 heures moins le quart, le temps commence à s'éclaircir et à 11 heures le soleil se montre timidement, comme à regret, pâle comme la pleine lune. Toute

la journée, la pluie de cendre a continué à tomber, au milieu d'une demi-obscurité lugubre. On entendait vers l'ouest les bruits sourds et souterrains du volcan. La cendre, examinée au microscope, avait des grains en forme d'ellipsoïde, allongés, granulés et de couleur jaunâtre. La hauteur de la cendre sur le sol atteignait 1,4 cm. »

**Sur une relation possible
entre l'intensité des phénomènes séismiques
et la constitution géologique de l'écorce terrestre**

Un fait qui a attiré particulièrement l'attention de tous, surtout lors des derniers tremblements de terre, est la grande différence d'intensité qui se produit entre des points très rapprochés. Alors que des villes entières sont tombées en ruines, d'autres, situées à quelques kilomètres des premières, sont restées intactes ; alors que dans une certaine partie d'une ville les conséquences du tremblement de terre ont été désastreuses, d'autres quartiers de la même ville ont beaucoup moins souffert.

Toutes ces anomalies s'expliquent seulement par l'inégal coefficient de conductibilité qu'ont les ondes séismiques des couches superficielles de l'écorce terrestre, et par l'action combinée des ondes directes et réfléchies qui se propagent en partant des massifs montagneux.

Ainsi, par exemple, dans le tremblement de terre du 16 août 1906, on observe de grandes différences dans les dégâts subis à Valparaiso suivant qu'il s'agit du quartier situé sur les hauteurs, surtout dans la colline de Almedral, ou de la partie plane de la cité.

Dans le tremblement de terre du 14 avril 1927, à Santiago, l'aire des plus grands dégâts est circonscrite au quartier Recoleta, qui est situé entre les massifs montagneux du San Cristobal, Conchali et la colline Blanco ; le reste de la ville a beaucoup moins souffert.

Mais c'est le tremblement de terre de Talca du 1^{er} décembre 1928 qui montra les différences les plus accusées, ceci par suite de la constitution géologique spéciale de cette région. A l'entrée en mouvement de la vallée du Maule, la vague de destruction se propagea simultanément sous forme de deux grandes branches, dont l'une avança par la chaîne de montagnes de la Côte, rasant villes et villages jusqu'à Santa-Cruz ; l'autre, cheminant par la Cordillère des Andes, atteignit et détruisit le Tranque de Goya en face de Rancagua. Pendant ce temps, le plateau de Camarico amortissait les ondes séismiques, si bien qu'une grande partie de la Vallée centrale fut laissée dans la zone d' « ombre séismique ». C'est ainsi que San Fernando et d'autres villes encore échappèrent à la vague de destruction.

D'autre part, plus au nord se propagèrent des ondes secondaires, réfléchies, partant des massifs de la Cordillère des Andes et des monts de la Côte ; elles ébranlèrent les terrains rapportés de la Vallée centrale, amenant des mouvements désordonnés d'est en ouest, de nord à sud, etc. Cette confusion de directions dans la propagation des ondes superficielles se déduit des centaines de circulaires d'observations séismiques qui nous sont parvenues de cette région et indique clairement que ce sont non pas des ondes directes, mais des ondes réfléchies qui ont agi plus au nord dans la Vallée centrale. C'est ainsi, par ces mouvements secondaires, que fut détruite la ville de Pelequen, alors qu'entre cette ville et la zone épacentrale on observe de nombreuses lagunes aséismiques, où les dommages ont été insignifiants.

Il est donc nécessaire de tenir soigneusement compte de la constitution géologique de la région, aussi bien pour la construction des bâtiments que pour le tracé des cartes isoséismiques¹.

1. N. D. L. R. — Nous croyons intéressant de rappeler, à ce sujet, le vœu suivant qui a été présenté à la quatrième conférence internationale de séismologie (Stockholm, 1930) par la délégation japonaise et

CONCLUSION

Cette étude de la sismicité du Chili nous conduit aux conclusions suivantes sur la constitution interne de notre planète, qui n'est plus aujourd'hui un mystère ; elle a pu être étudiée au moyen des séismographes et grâce à leurs données sur la propagation des ondes séismiques.

1° Les tremblements de terre ne se produisent que le long de certains plis de la lithosphère nommés géosynclinaux. A l'intérieur de ces plis existent des points de plus grande activité appelés *foyers séismiques*.

2° Les foyers séismiques sont situés précisément dans ces zones de grand relief terrestre.

3° Dans le temps, les tremblements de terre se groupent et constituent des périodes de *crise séismique*, précédées d'autres périodes de *calme séismique*.

4° D'une manière générale, les crises séismiques se propagent le long des géosynclinaux, d'un foyer séismique à l'autre ; ceci constitue ce qu'on appelle un *processus séismotectonique*.

5° Dans les quatre derniers siècles, on a observé qu'il y a au moins un grand tremblement de terre tous les trois ans,

adopté à l'unanimité : « Considérant les résultats des observations faites
« sur les modifications topographiques dans les régions séismiques avant
« et après l'événement, et

« Considérant la possibilité physique d'une relation entre ces phénomènes naturels,

« La Section de séismologie de l'Union géodésique et géophysique
« internationale recommande aux gouvernements et organisations des
« pays séismiques de poursuivre des études systématiques sur les modifications topographiques autant que les circonstances le permettront,
« en vue d'élucider la nature des phénomènes séismiques et de trouver
« les moyens d'en mitiger les effets désastreux. »

qui amène une augmentation graduelle et progressive des séismes en fréquence et en intensité.

6° La fréquence des tremblements de terre se répartit sur l'étendue du territoire exactement en accord avec les foyers séismiques.

7° On a observé que presque tous les grands tremblements de terre sont précédés d'un calme séismique absolu ou relatif et sont suivis ensuite d'une augmentation de la fréquence séismique dans la région épacentrale.

8° On a observé que dans la majeure partie des cas les tremblements de terre coïncident avec des changements atmosphériques, qui, sans être des phénomènes dépendants, sont des phénomènes concomitants.

9° On a observé qu'après les grands tremblements de terre ont lieu d'intenses éruptions volcaniques qui, sans avoir une relation de cause à effet avec le phénomène séismique, sont concomitantes avec lui.

10° On a remarqué que les tremblements de terre ont coïncidé avec de fortes perturbations électro-magnétiques, qui, sans en être nécessairement la cause, sont en relation indirecte avec les changements de temps et l'activité solaire.

11° On a observé que le degré de destruction d'un tremblement de terre dépend directement de la constitution géologique de l'écorce terrestre.

MIGRATION DES ÉPICENTRES

MÉTHODE D'ÉTUDE

APPLICATION A LA RÉGION DU CHILI
DANS LES ANNÉES 1913 A 1930

PAR E. ROTHÉ

Directeur du Bureau central international de séismologie

Je présenterai d'abord quelques considérations sur la migration des épicentres. La méthode suivante a déjà fait l'objet d'une communication au Congrès des Sociétés savantes de 1932 et a été appliquée aux régions polaires à l'occasion de l'année polaire.

Les données dont je me suis servi proviennent de l'*International Seismological Summary*, publié par le regretté président de la section de séismologie de l'Union géodésique et géophysique internationale, M. le professeur H. H. Turner, de 1913 à septembre 1928 inclus, et ensuite des déterminations effectuées par le Bureau central séismologique français et publiées dans les annuaires de l'Institut de physique du globe de Strasbourg de 1928, 1929, 1930, ces années de l'*International Summary* n'ayant pas encore paru.

Il est donc possible aujourd'hui d'établir une statistique à peu près complète des épicentres, tout au moins concernant les phénomènes importants, entre 1913 et 1930. Pour des raisons qui apparaîtront plus loin, ces séismes seront classés par « mailles terrestres ». Une maille couvre 10° de longitude et 10° de latitude. Chacune est notée par les valeurs des

coordonnées des quatre sommets sous une forme telle que :

$$\begin{matrix} 80 & 80 \\ N & W \end{matrix} . \text{ Il y a quatre groupes : } \begin{matrix} NE & NW \\ SE & SW \end{matrix} ; \text{ chacune des} \\ 70 & 70$$

	80°	70°	60°		
10°	26 20 80 S W 10 70		25 20 70 S W 10 60		10°
20°	44 30 80 S W 20 70		43 30 70 S W 20 60		20°
30°	62 40 80 S W 30 70		61 40 70 S W 30 60		30°
40°	80 50 80 S W 40 70		79 50 70 S W 40 60		40°
50°	98 60 80 S W 50 70		97 60 70 S W 50 60		50°
60°	80°	70°	60°		

mailles du groupe porte, en outre, un numéro d'ordre allant de 0 à 162. Il y a donc pour le globe entier 648 mailles.

Les séismes de la région chilienne sont classés dans les mailles 25-26, 43-44, 61-62, 79-80, 97-98, comme l'indique le tableau ci-contre.

La liste ci-dessous exprime donc la séismicité d'un certain nombre de compartiments de notre globe.

**Liste des séismes compris entre les parallèles 10°
à 60° S et les méridiens 60° à 80° W**

Suivant l'habitude, la latitude S et la longitude W sont précédées du signe —. Le chiffre qui se trouve sous le symbole de la maille est le nombre de séismes de la maille dans la période considérée ; le chiffre entre parenthèses qui suit la date indique le nombre de secousses à cette date. Le séisme est noté par année, mois, jour, coordonnées. Le classement du tableau ci-dessous est fait par ordre de latitude S croissante de 10° à 60° ; les longitudes vont de 60° W à 80° W.

20	70				
25 S	W	19 VII	6,	—11°5	—64°0
10	60	22 VIII	21,		
		25 I	5,		
146		19 X	27,		
		20 X	7,	—12°0	—69°0
		20 X	10,	—13°0	—60°0
		28 IV	9,		
			13 (7),		
			14 (9),		
			15 (10),		
			16 (3),		
			17 (10),		
			19 (4),		
			20 (3),		
			21 (4),		
			22 (2),		
			23 (2),		
			25 (4),		
			26 (6),		
			27 (16),		
			28 (17),		

	29 (10),	—13°0	—69°5
23 VII	31,	—13°0	—66°0
22 II	14,	—13°5	—68°5
23 X	4,	—14°0	—61°5
20 XI	24,	—14°3	—64°2
23 IX	2,	—15°0	—66°0
19 IX	13 (3),		
	14 (2),		
	16,		
22 VII	10,	—15°2	—61°0
14 II	26,	—16°0	—60°0
19 X	27,	—16°0	—69°5
15 VI	6,		
27 IV	7,	—17°0	—60°0
27 I	5,	—17°0	—63°0
28 IX	21,	—17°5	—62°0
21 X	20,		
23 VII	4,		
24 I	31,	—18°0	—66°0
25 VII	11,		
	8 (3),	—18°0	—62°0
18 VIII	17,		
20 VIII	13,		
24 VII	7,	—18°5	—63°5
15 VI	6,	—19°0	—69°0
24 III	6,		
27 X	3,	—19°5	—66°0
28 I	5,	—19°5	—62°7

Cette maille comporte surtout des épïcètres boliviens qui se répartissent dans le vaste éventail formé par les affluents du Rio Madeira. Les plus saillants et fréquents sont —18° —60° à l'ouest de La Paz, au nord de Cochabamba ; —18° —62° au nord du lac Concepcion ; —18°5 —63°5 au nord de Santa-Cruz ; —19°5 —66° dans le voisinage de Sucre, le lac Titicaca et des épïcètres autour de La Paz. Il convient de faire une place à part au foyer —13° —69°5, qui comporte 108 secousses en avril 1928, sans compter les épïcètres très voisins. Ce foyer se trouve dans la contrée qui borde la Cordillère au sud de la région des lacs Armentia et des petites villes de Bolivar et Sucre. Des secousses avaient eu lieu dans les mêmes parages en 1920 et 1922. D'autres

épicentres se trouvent dans les Sierras de Paca Nova ou dos Pareus.

26 S	20	80	26 III	41,	—10°	—74°
	10	70	25 XI	6,	—10°	—79°
25			16 IX	29,	—10°5	—77°0
			28 V	17,	—11°4	—74°5
			21 XI	2,	—12°0	—78°5
			25 XI	6,	—13°0	—74°5
			22 IV	6 (2),		
			28 I	18,	—14°0	—77°0
			21 I	9,		
			16 X	3,	—14°0	—74°5
			30 VI	25 (2),	—15°	—76°5
			22 X	41,	—15°3	—73°0
			28 IX	21,	—15°5	—70°
			26 VI	5,	—17°	—78°5
			13 VII	28,	—17°5	—74°5
			13 VIII	6,		
		28 III	23,			
		22 IX	13 (2),			
		25 III	16,			
		25 X	25,	—18°0	—73°0	
		22 I	6 (2),	—19°0	—76°0	

Maille péruvienne. L'important foyer —18° —73° est en mer au sud d'Arequipa, au voisinage d'une fosse profonde ; entouré de plusieurs autres, il se retrouve inchangé de 1913 à 1928. Près du lac Titicaca se trouve le foyer —15° —70°. Les autres épicentres, moins caractérisés au point de vue de leur constance, se répartissent le long des Cordillères péruviennes ou le long de la côte au voisinage de diverses fosses. Quelques foyers menacent Lima.

43 S	30	70	27 XI	2,	—20°7	—69°
	20	60	17 IV	22,		
33			XI	2,		
			19 VIII	8, 9,		
			20 VI	7,		
			27 I	20,		
			IV	9,		
		V	22,			

22	III	28,	—21°0	—67°0
14	II	26,	—21°0	—64°0
26	VIII	12,	—22°0	—66°0
25	VII	14, 10,		
	XII	18,		
16	VIII	25,		
24	I	20,		
26	I	8,		
	X	27,	—23°0	—66°0
27	VIII	1,	—23°0	—68°5
27	III	30,	—23°2	—62°2
28	V	26,	—23°3	—68°5
27	XI	17,	—23°8	—67°5
16	XII	23,		
23	VIII	17,	—24°0	—69°0
27	XI	26,	—25°0	—67°0
28	IV	2,	—25°	—68°5
26	II	9,	—27°0	—59°5
20	VIII	3,		
24	X	20,	—27°6	—66°3
26	X	28,		
27	VI	5,	—28°	—69°
28	VIII	15,	—28°	—62°

Dans cette maille, du foyer —21° —67° émanent de nombreux séismes : il se trouve à l'est d'Iquique dans la région de Pampa Salada. Plusieurs autres épïcèntres gravitent autour de celui-là, répartis dans les Cordillères. — Quelques rares épïcèntres dans la plaine, dans la vallée du Rio Paraguay.

30	80			
44 S	W	20 X	22,	
		26 IV	28,	—21°5
		28 VI	25,	
84		29 X	19,	—20°5
		26 I	1,	—22°5
		28 XI	20,	—23°
		28 XI	29,	—24°2
		25 V	15,	
		27 III	19,	—25°
		17 II	15, 16,	
			21, 22,	
		18 IX	28 (2),	—26°0
		28 VIII	15,	—26°3
				—72°0
				—72°
				—70°5
				—74°
				—80°
				—71°
				—80°0
				—70°0

18 XII	4 (2), 6 (2), 7, 9, 13,	—26°5	—70°5
13 V	24,		
19 II	20,		
21 X	25,	—27°0	—72°0
22 XI	7, 18, 19,		
23 XI	15 (3), 16,	—27°5	—72°8
24 I	29,		
27 III	19,	—27°8	—70°2
28 IV	12,	—28°5	—73°
22 VII	28,		
23 V	4,		
27 VII	20, 22, 24,		
	VIII 7,		
24 XII	18,		
26 VIII	9,	—28°5	—71°5
22 XI	11 (6), 12 (3), 13 (5), 17, 26, 20, 21, 24,		
	XII 22, 23, 24 (2), 25, 27, 28,		
28 I	14,		
	IV 6,		
23 III	9,		
27 II	28,	—29°0	—71°0
23 II	25,		
26 V	13,		
	XII 9,		
28 I	12,	—29°5	—71°0
18 V	20,		
19 I	5,	—29°6	—71°5
23 VII	31,		
25 X	5,		
27 VI	25,	—29°	—73°
25 VI	6,	—30°	—77°

Maille des plus importantes : elle contient les épïcêtres de la Cordillère et ceux qui se trouvent le plus souvent au voisinage même de la côte ; au nord, la région d'Iquique et la fosse marine de Bartholomew. La terrible région de Copiapo contient les épïcêtres au voisinage de —27°5 —70°5. Au-dessous se trouve une région de fréquence particulière-

ment élevée, celle de Vallenar, où les épicentres voisins de $-29^{\circ}0$ $-71^{\circ}0$ réunissent 48 séismes environ. Il est très remarquable que tous les épicentres marins soient compris à de rares exceptions près entre les longitudes -70° et -73° ; à noter cependant dans le Pacifique les foyers isolés -25° -80° et -30° -77° . C'est dans cette région de l'Océan que se trouve la fosse Richard. Si l'on partage cette maille en quatre, on constate que sur 84 séismes, 70 appartiennent à la portion SW entre les latitudes -25° -30° et les longitudes -70° -75° .

	40	70				
61 S	W		27 IV	20,		
	30	60	28 VI	30,	-31°	$-65^{\circ}5$
			23 IV	24,	$-31^{\circ}2$	$-69^{\circ}6$
	15		27 IV	14,		
			V	2,		
			IX	30,		
			28 II	18,	$-32^{\circ}5$	$-69^{\circ}5$
			24 XII	14,	-33°	-66°
			22 XII	19,		
			26 V	5,	-33°	$-68^{\circ}3$
			20 XII	17,	-33°	$-68^{\circ}6$
			29 V	30,	-34°	-68°
			14 I	30 (2)	$-34^{\circ}1$	$-66^{\circ}0$
			18 VI	1,	$-39^{\circ}0$	$-64^{\circ}0$

Si l'on excepte l'épicentre de 1918, qui se trouve dans la vallée du Rio Colorado au sud-ouest de Bahia Blanca, tous les autres se répartissent dans le quart NW de la maille entre les villes de Mendoza, Cordoba, San Luis, entre les monts de Cord et Aconcagua; c'est donc dans une région assez limitée que le foyer oscille d'année en année. Il y a pourtant un centre à peu près fixe en 1926, 1927, 1928 : $-32^{\circ}5$ $-69^{\circ}5$; c'est l'épicentre proche de Mendoza qui subit de faibles déplacements autour d'une position moyenne.

Tout le reste de la maille est aséismique, comme la maille 79 qui la suit au sud.

	40	80		
62 S	W		28 I	3, 12, 20,
	30	70	23 VI	1,
	43		27 X	25,

29 IV	16 ^p	—30°0	—70°0
28 V	23,		
25 VI	6,	—30°0	—77°
27 XI	14,		
27 VII	23,	—30°2	—71°
23 III	26,		
26 III	6,	—30°2	—75°0
23 IV	21,		
26 X	11,	—30°5	—70°0
23 VII	10,	—30°5	—73°0
23 II	4,		
26 V.	12,		
	XI 13,	—31°0	—72°0
28 VII	28,	—31°9	—75°0
20 VII	6,	—32°7	—73°7
30 X	17,	—33°	—72°
26 X	25,		
	III 5,		
	XII 3,		
22 V	21,		
	VIII 6,		
	XII 11,	—34°0	—73°0
28 XII	1 (3),	—34°5	—74°2
24 IX	19,		
26 IX	6 (4), 9	—35°0	—75°0
25 VIII	11,	—35°5	—72°
28 V	1,	—35°5	—73°3
20 VIII	20,		
22 III	12,		
	XI 17,	—38°0	—73°5
20 XII	10,		
26 VIII	9,	—39°0 (8)	—74°5

Cette maille est particulièrement intéressante ; on y distingue trois régions : 1° les épicentres continentaux de la Cordillère des Andes, très constants à travers les années ; —30°0 —70°0 qui se répète dix fois, abstraction faite de légers déplacements ; il est à l'ouest de la Serena Coquimbo. — 2° Les épicentres autour de —38°5 —74° au voisinage de la côte dans la région de Valdivia. — 3° Toute une famille de foyers marins répartis dans le Pacifique, dans la région de la fosse Haeckel, à la hauteur de Valparaiso et Santiago ; 25 séismes s'y rattachent. La région de l'Aconcagua, qui domine Valparaiso et Santiago, est particulièrement sismique.

79 S	50	70				
	W					Néant.
	40	60				

Maille absolument aséismique.

80 S	50	80					
	W		19 III	2 (2), 9,	—41°0	—74°0	
	40	70	26 IX	10,	—44°0	—80°5	
			27 XI	21,	—44°7	—73°0	
	9		21 VII	7,			
			26 XII	7,			
			27 XI	28,	—47°0	—78°0	
			22 V	11,	—48°8	—79°0	

Le foyer —47°0 —78°0 se retrouve identique en 1921 et 1926. Il est à peine déplacé en 1922. Il est situé dans le Pacifique au large de l'archipel de Chonos ; les autres foyers se répartissent sur la côte autour de l'île de Chiló.

97 S	60	70				
	W		28 X	17,	—52°0	—60°
	50	60				
	1					

Cet unique tremblement a son foyer très voisin des îles Falkland.

98 S	60	80				
	W		19 VIII	11,	—51°5	—75°5
	50	70				
	1					

Foyer unique au voisinage de l'île Hanovre ; c'est la région de « Magellan ».

Un tableau tel que celui-ci n'a pas seulement pour but d'établir une statistique numérique utile au point de vue historique, il présente un intérêt plus immédiat : il est possible, au simple examen, d'y reconnaître les régions particulièrement séismiques. La lecture de l'intéressant mémoire de M. Bustos Navarrete m'a engagé à appliquer la méthode précédente aux séismes du Chili, dont je connaissais les épicentres. On peut constater par les commentaires qui suivent

chacune des mailles que les conclusions de ce travail, fondé uniquement sur les données des épïcêtres (travail micro-séismique), concordent d'une façon évidente avec celles de l'auteur chilien (travail macroséismique). Les lecteurs seront frappés par la « constance » des épïcêtres, dont un grand nombre se retrouvent *identiques* à eux-mêmes à travers les années. Ce sont là des points du globe qui ne sont pas arrivés à leur état définitif, dont l'équilibre n'est pas atteint et ne s'établit que graduellement. D'autres se groupent autour d'un épïcêtre moyen, avec des écarts faibles autour des coordonnées moyennes, comme si tout un compartiment instable de l'écorce se stabilisait de proche en proche.

Quel que soit l'intérêt des observations de ce genre, le but de ce travail était surtout de rechercher une corrélation entre les régions séismiques *dans l'espace et dans le temps*. J'applique à cette région chilienne un procédé d'investigation qui m'a été suggéré par mon expérience personnelle et que j'aimerais voir généraliser.

Chaque année, le Bureau central séismologique français, sans attendre que paraisse l'*International Seismological Summary*, publié en Angleterre et avec un retard de plusieurs années, effectue une détermination provisoire des épïcêtres de l'année précédente et les fait figurer dans son annuaire. Je procède à ce travail préliminaire depuis 1919 et j'ai été souvent frappé du fait que d'année en année les épïcêtres, fréquents cette année-là, changent de région les années suivantes : tantôt l'Amérique centrale se lit fréquemment, tantôt l'océan Atlantique fournit le plus grand nombre dans nos colonnes. Une année, les Kouriles ou les Aléoutiennes apparaissent constamment, tandis que, dans les annuaires suivants, les épïcêtres du Pacifique surgissent avec une plus grande fréquence.

Chercher une corrélation entre ces épïcêtres est un travail malaisé ; je propose la méthode suivante : étant donné

une maille, par exemple :

	30	80	
44 S		W	
	20	70	

, on établit une

fiche pour une période donnée, ici 1913 à 1930 ; on porte en abscisses sur papier millimétré les mois successifs de 1913 à 1930 (1 millimètre par mois), en ordonnées (sens positif) les nombres de séismes de chaque mois (1 millimètre par séisme). Dans le sens des ordonnées négatives, on porte le total par année (par trimestre, si on le juge utile). En outre, on inscrit à côté des points représentatifs les coordonnées des épicentres. Les graphiques correspondant à chaque maille peuvent être construits sur des lignes parallèles sur une même feuille ou mieux sur papier transparent, ce qui permet par simple report une comparaison plus facile. On constate que certains graphiques sont semblables, tandis que d'autres sont très différents. Les premiers offrent des fréquences aux mêmes époques, alors que les seconds correspondent à des séismicités vives à des époques différentes. La comparaison de ces tracés établit nettement le déplacement d'année en année des épicentres fréquents, ce que l'on peut appeler la *migration des épicentres*.

J'ai procédé déjà à ce travail pour les régions polaires¹. Un de mes élèves, M. Stahl, me donne en ce moment sa collaboration pour l'étude des épicentres de l'océan Atlantique ; les résultats de ce travail paraîtront plus tard, à la conférence de Lisbonne. Je discuterai ci-dessous les résultats relatifs à la région chilienne, je les rapprocherai de ceux de la région mexicaine, également en bordure du Pacifique, et je chercherai aussi s'il existe une corrélation entre le Chili et les mailles situées à l'antipode.

Pour faciliter la compréhension, je crois utile de reproduire le tableau des épicentres sous une forme un peu différente. Les notations sont les mêmes que dans le tableau précédent, mais la classification est faite par année.

1. E. Rothé, *Les tremblements de terre dans les régions polaires. La migration des épicentres : méthode d'étude*. (Extrait du 65^e congrès des Sociétés Savantes, 1932.)

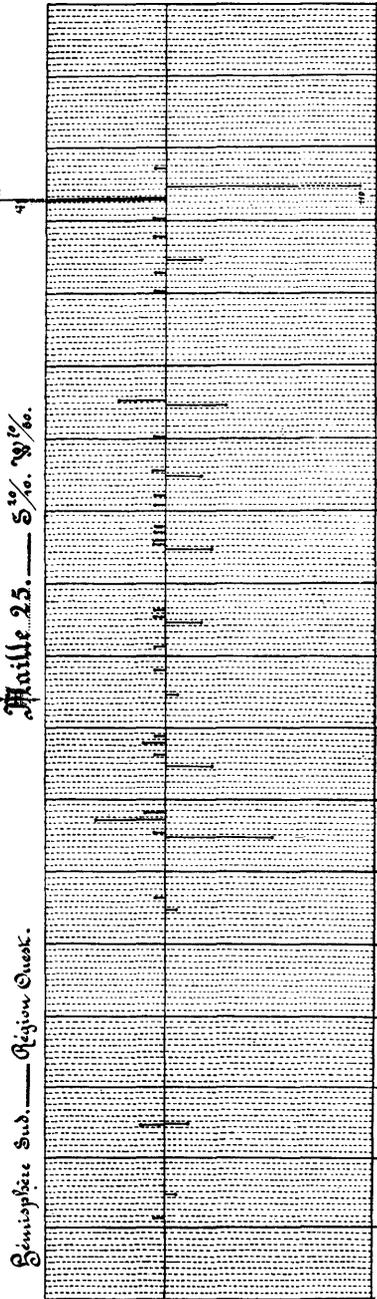
25 S	20	70				
	W		14	II	26,	—16°0
			15	VI	6,	—17°0
				VI	6,	—19°0
			18	VIII	17,	—18°5
146			19	VII	6,	—11°5
				IX	13 (3),	
					14 (2),	
					16,	—15°2
				X	27,	—12°0
				X	27,	—16°0
			20	VIII	13,	—18°5
				X	7,	—12°0
				X	10,	—13°0
				XI	24,	—14°3
			21	X	20,	—18°0
			22	II	14,	—13°5
				VII	10,	—15°2
				VIII	21,	—12°0
			23	VII	4,	—18°0
				VII	31,	—13°0
				IX	2,	—15°0
				X	4,	—14°0
			24	I	31,	—18°0
				III	6,	—19°5
				VII	7,	—18°5
			25	I	5,	—12°0
				VII	11,	
					8 (3),	—18°0
			27	I	5,	—17°0
				IV	7,	—17°0
				X	3,	—19°5
			28	I	5,	—19°5
				IV	9, 13 (7),	
					14 (9),	
					15 (10),	
					16 (3),	
					17 (10),	
					19 (4),	
					20 (3),	
					21 (4),	
					22 (2),	
					23 (2),	
					25 (4),	
					26 (6),	
					27 (16),	
					28 (17),	
					29 (10),	—13°0
			IX	24,	—17°5	—62°
						—69°5

26 S	20	W	80	13	VII	28,	—17°5	—74°5	
	10		70		VIII	6,	—18°0	—73°0	
	25			16	IX	29,	—10°5	—77°0	
					X	3,			
				21	I	9,	—14°0	—74°5	
					XI	2,	—12°0	—78°5	
				22	I	6 (2),	—19°0	—76°0	
					IV	6 (2),	—14°0	—77°0	
					IX	19 (2),	—18°0	—73°0	
					X	11,	—15°3	—73°0	
				25	III	16,			
					X	25,	—18°0	—73°0	
					XI	6,	—10°	—79°	
					XI	6,	—13°0	—74°5	
		26	III	11,	—10°	—74°			
			VI	5,	—17°	—78°5			
		28	I	18,	—14°0	—77°0			
			III	23,	—18°0	—73°			
			V	17,	—11°4	—74°5			
			IX	21,	—15°5	—70°			
		30	VI	25 (2),	—15°	—76°5			
43 S	30	W	70	14	II	26,	—21°0	—64°0	
	20		60	16	VIII	25,	—23°0	—66°0	
	33					XII	23,	—24°0	—69°
				17	IV	22,			
					XI	2,			
				19	VIII	8, 9,			
				20	VI	7,	—21°0	—67°0	
					VIII	3,	—27°6	—66°3	
				22	III	28,	—21°0	—67°0	
				23	VIII	17,	—24°0	—69°	
				24	I	20,	—23°0	—66°0	
					X	20,	—27°6	—66°3	
				25	VII	14, 10,			
					XII	18,			
				26	I	8,	—23°0	—66°0	
					II	9,	—27°0	—59°5	
					VIII	12,	—22°0	—66°0	
					X	27,	—23°0	—66°0	
			X	28,	—28°	—69°			
		27	I	20,	—21°0	—67°0			
			III	30,	—23°2	—62°2			
			IV	9,					
			V	22,	—21°0	—67°0			
			VI	5,	—28°	—69°			

			VIII 1,	—23°0	—68°5
			XI 2,	—20°7	—69°
			XI 17,	—23°8	—67°5
			XI 26,	—25°0	—67°0
		28	IV 2,	—25°	—68°5
			V 26,	—23°3	—68°5
			VIII 15,	—28°	—62°
	30	80			
44 S	W		13 V 24,	—27°0	—72°0
	20	70	17 II 15, 16,		
			21, 22,	—26°0	—80°0
	84		18 V 20,	—29°6	—71°5
			IX 28 (2),	—26°0	—80°0
			XII 4 (2),		
			6 (2), 7,		
			9, 13,	—26°5	—70°5
		19	I 5,	—29°6	—71°5
			II 20,	—27°0	—72°0
		20	X 22,	—21°5	—72°0
		21	X 25,	—27°0	—72°0
		22	VII 28,	—28°5	—71°5
			XI 7, 18, 19,	—27°5	—72°8
			XI 11 (6),		
			12 (3),		
			13 (5),		
			17, 26, 20,		
			21, 24,		
			XII 22, 23,		
			24 (2), 25,		
			27, 28,	—29°0	—71°0
		23	II 25,	—29°5	—71°0
			III 9,	—29°0	—71°0
			V 4,	—28°5	—71°5
			VII 31,	—29°	—73°
			XI 15 (3), 16,	—27°5	—72°8
		24	I 29,	—27°8	—70°2
			XII 18,	—28°5	—71°5
		25	V 15,	—25°	—71°
			VI 6,	—30°	—77°
			X 5,	—29°	—73°
		26	I 1,	—22°5	—70°5
			IV 28,	—21°5	—72°0
			V 13,	—29°5	—71°0
			VIII 9,	—28°5	—71°5
			XII 9,	—29°5	—71°0
		27	II 28,	—29°0	—71°0
			III 19,	—27°8	—70°2

			III	19,	—25°	—71°
			VI	25,	—29°	—73°
			VII	20, 22, 24,		
			VIII	7,	—28°5	—71°5
		28	I	12,	—29°5	—71°0
			I	14,	—29°0	—71°0
			IV	6,	—29°0	—71°0
			IV	12,	—28°5	—73°0
			VI	25,	—20°5	—72°
			VIII	15,	—26°3	—70°0
			XI	20,	—23°	—74°
			XI	29,	—24°2	—80°
		29	X	19,	—20°5	—72°
61 S	40	70				
	W					
	30	60	14	I 30 (2),	—34°1	—66°0
			18	VI 1,	—39°0	—64°0
			20	XII 17,	—33°	—68°6
	15		22	XII 19,	—32°9	—68°3
			23	IV 24,	—31°2	—69°6
			24	XII 14,	—33°	—66°
			26	V 5,	—32°9	—68°3
			27	IV 14,	—32°5	—69°5
				IV 20,	—31°	—65°5
				V 2,		
				IX 30,		
			28	II 18,	—32°5	—69°5
				VI 30,	—31°	—65°5
			29	V 30,	—34°	—68°
62 S	40	80				
	W					
	30	70	20	VII 6,	—32°7	—73°7
				VIII 20,	—38°0	—73°5
				XII 10,	—39°0 (8)	—74°5
	43		22	III 12,	—38°0	—73°5
				V 24,		
				VIII 6,	—34°0	—73°0
				XI 17,	—38°0	—73°5
				XII 11,	—34°0	—73°0
			23	II 4,	—31°0	—72°0
				III 26,	—30°2	—75°0
				IV 24,	—30°5	—70°0
				VI 1,	—30°0	—70°0
				VII 10,	—30°5	—73°0
			24	IX 19,	—35°0	—75°0
			25	VI 6,	—30°0	—77°
				VIII 11,	—35°5	—72°0
			26	III 5,	—34°0	—73°0

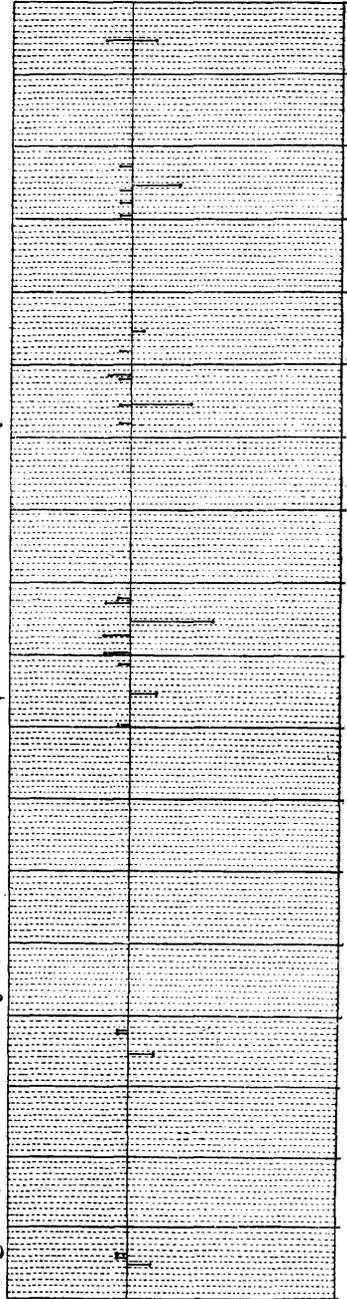
Maille 25. — 5⁵⁰/₁₀. 3¹⁰/₆.



Hémisphère Sud. — Région Ouest.

Echelle des ordonnées & mm par stème.

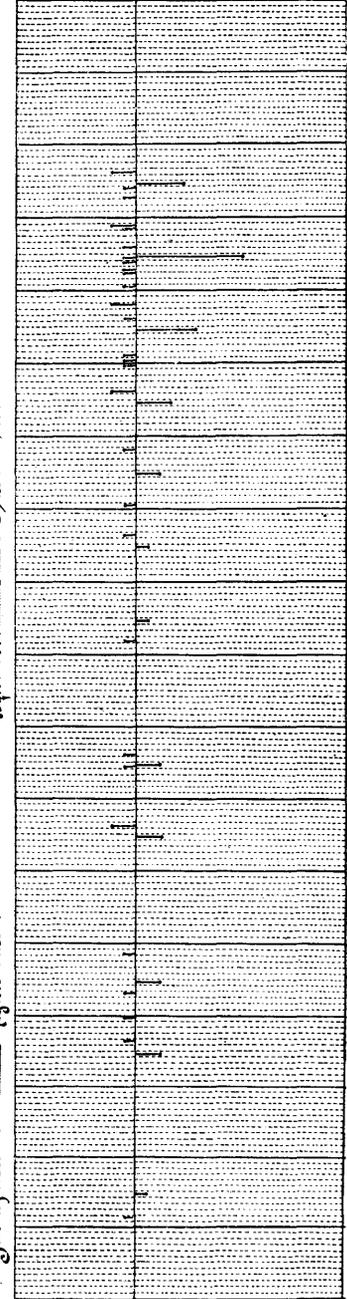
Maille 26. — 5⁵⁰/₁₀. 3¹⁰/₆.



Hémisphère Sud. — Région Ouest.

Echelle des ordonnées & mm par stème.

Maille 43. — 5⁵⁰/₁₀. 3¹⁰/₆.

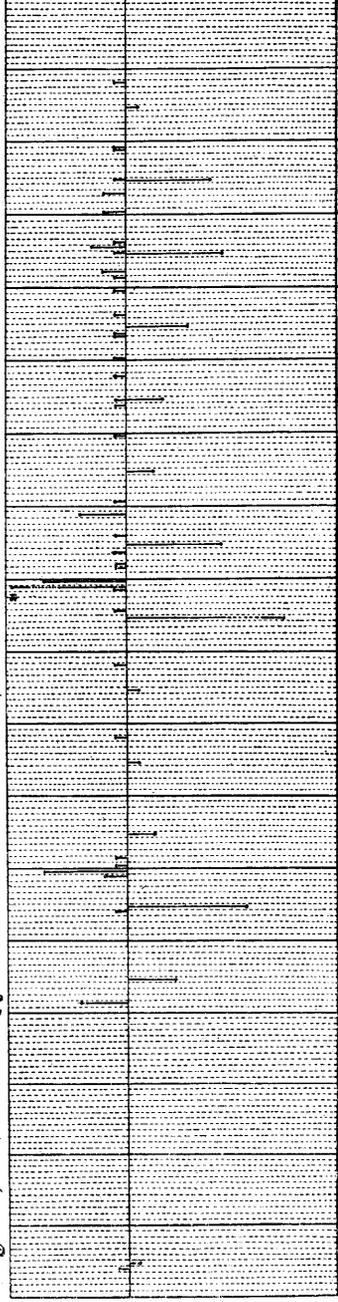


Hémisphère Sud. — Région Ouest.

Echelle des ordonnées & mm par stème.

Gémosphère Sud. — Région Ouest.

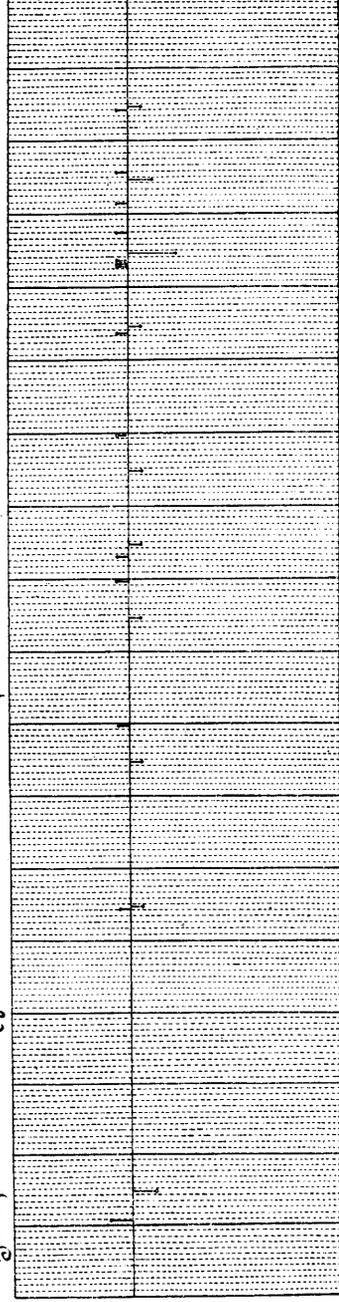
Maille 44. — 5^h 30. 8^h 30.



Echelle des ordonnées 4 mm par semaine.

Gémosphère Sud. — Région Ouest.

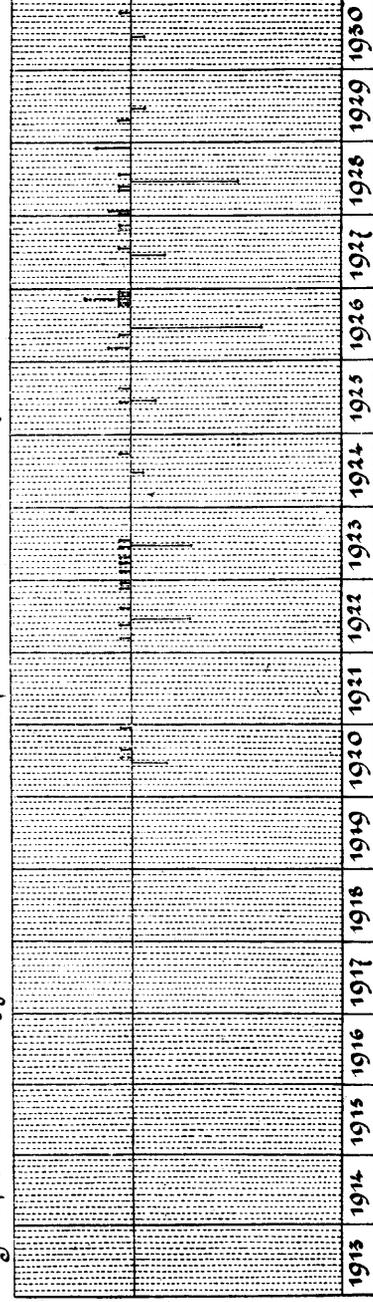
Maille 61. — 5^h 30. 8^h 30.



Echelle des ordonnées 4 mm par semaine.

Gémosphère Sud. — Région Ouest.

Maille 62. — 5^h 30. 8^h 30.



Echelle des ordonnées 4 mm par semaine.

			III 6,	—30°2	—75°0
			V 12,	—31°0	—72°0
			VIII 9,	—39°0 (8)	—74°5
			IX 6 (4), 9,	—35°0	—75°0
			X 11,	—30°5	—70°0
			X 25,	—34°0	—73°0
			XI 13,	—31°0	—72°0
			XII 3,	—34°0	—73°0
		27	VII 23,	—30°2	—71°
			X 25,	—30°0	—70°0
			XI 14,	—30°2	—71°
		28	I 3, 12, 20,	—30°0	—70°0
			V 1,	—35°5	—73°3
			V 23,	—30°0	—77°0
			VII 28,	—31°9	—75°0
			XII 1 (3),	—34°5	—74°2
		29	IV 16?	—30°0	—70°0
		30	X 17,	—33°	—72°
	50 70				
79 S	W		Néant.		
	40 60				
	50 80				
80 S	W	19	III 2 (2), 9,	—41°0	—74°0
	40 70	21	VII 7,	—47°0	—78°0
		22	V 11,	—48°8	—79°0
	9	26	IX 10,	—44°0	—80°5
			XII 7,	—47°0	—78°0
		27	XI 21,	—44°7	—73°0
			XI 28,	—47°0	—78°0
	60 70				
97 S	W	28	X 17,	—52°0	—60°
	50 60				
	I				
	60 80				
98 S	W	19	VIII 11,	—51°5	—75°5
	50 70				
	I				

Les graphiques des mailles 25, 26, 43, 44, 61 et 62 ont été établis par la méthode indiquée ci-dessus. Ils sont reproduits ci-contre. Les autres mailles présentaient un trop petit nombre de séismes pour que ce tracé fût indispensable. Il est intéressant de rapprocher tout d'abord les mailles 26, 44 et

62 qui sont en prolongement l'une de l'autre dans le sens des latitudes croissantes. Il saute aux yeux que, pendant les années 1917, 1918, 1919, seule la maille 44 a été active et l'activité s'est surtout manifestée autour des points (-26° -80°) et (-29° -71°). Ce dernier foyer subsiste les années suivantes, plus ou moins modifié. Cette première agitation paraît ainsi l'annonce des grands séismes futurs. La fosse séismique (-26° -80°) ne semble donc pas absolument indépendante des régions très séismiques de Copiapo et Val-lenar.

Les années 1922, 1923, 1926 et 1928 sont agitées pour les 3 mailles : il semble que, de proche en proche, tous les foyers, si nombreux et divers, de la Cordillère des Andes entrent en action, tandis que les années qui précèdent 1920 ont été des périodes de grand calme. C'est à peine si la maille 26 accuse en 1913 et 1916 une légère excitation.

Les années 1924 et 1930 correspondent à un calme relatif.

Si maintenant on rapproche la maille 25 des précédentes, on constate une agitation propre en 1919, puis l'activité est continue, 1926 exceptée, jusqu'en 1928, année qui correspond à une agitation particulièrement forte de divers foyers chiliens. La maille 43 présente de grandes analogies avec 44 pour les dernières années de 1925 à 1930. Par contre, les grands troubles de 44, aux années 1918, 1922, 1923, n'y apparaissent pas. L'important foyer (-29° -71°) ne semble donc pas en liaison directe avec ceux de la maille 43.

Les foyers chiliens mériteraient une étude spéciale, foyer par foyer et année par année : j'estime qu'elle serait féconde au point de vue des relations entre les divers épïcêtres.

Je ne peux que me contenter ici de faire quelques remarques à titre d'exemple : parmi les épïcêtres de 1919 qui sont au nord de la Bolivie se trouve déjà le fameux foyer dont il fut question dans la discussion précédente, qui est en bordure interne de la Cordillère et qui, en 1928, émit plus de cent secousses. Son activité débute en 1919, s'accroît peu à peu pour éclater en 1928, au moment où successive-

ment de nombreux foyers de la Cordillère entrent en jeu, surtout dans la maille 44. On peut donc bien dire qu'il y a eu là une véritable « migration de l'activité séismique ». La maille 61 ne manifeste d'activité notable que comme ses voisines en 1927-1928.

Les tableaux précédents ont ainsi l'avantage de permettre de trouver aisément les foyers synchrones. En 1928, on constate une sorte de concordance entre les plus importants foyers des mailles 25 et 44 (-13° -69°) (-29° -71°). Il y a des rapports analogues au cours de 1922. Y aurait-il une sorte d'action réciproque? C'est ce qu'une étude approfondie pourrait élucider.

En 1926, les relations me paraissent moins nettes parce que les épicentres sont relativement assez mobiles autour de positions moyennes. Il semble pourtant qu'il y ait répercussion des secousses, propagation de l'agitation le long d'une direction SSW-NNE à travers les mailles 80, 62, 43.

Les mailles en prolongement sur le pôle sud sont tout à fait aséismiques : ainsi le foyer unique de la région de Magellan, près de l'île Hanovre, est le plus austral. Au delà, il semble que la terre jouisse d'une stabilité parfaite. Au cours du travail sur les mailles polaires, j'ai étudié 111, 112, 113, 114, 118 et 119, les seules actives dans le voisinage de celles du Chili. Les rares épicentres se groupent entre 1928 et 1930, et l'on n'en trouve qu'un, deux au plus, chaque année.

Rien n'a été observé les années précédentes.

Est-il permis de conclure à une réaction légère et lointaine de la grande agitation de la Cordillère, qui a pu entraîner au cours des mois suivants le mouvement de quelques compartiments encore incomplètement stabilisés?

Par contre, les compartiments du Nord arctique et Alaska manifestent la plus grande agitation de 1926 à 1928, comme la Cordillère des Andes.

On ne saurait établir de rapprochement avant d'avoir discuté l'histoire des épicentres de l'Amérique centrale, du Mexique et des États-Unis. Si les mêmes années toutes les

parties occidentales de l'Amérique manifestent leur agitation, n'y aurait-il pas là une preuve nouvelle en faveur de la dérive des continents?

Je ne suis actuellement en mesure de discuter, pour cette région en bordure, que les séismes des mailles mexicaines et de l'Amérique centrale : 27, 28, 29, 45, 46, 47 NW (de 1913 à 1930).

**Liste des séismes compris entre les parallèles 10°
à 30° N et les méridiens 80° à 110° W**

27 N	20	90	13 VII	25,	+14°	—83°
	10	80	14 V	28,	+15°1	—84°8
			16 IV	24,	+10°	—82°
	49		17 II	20,	+19°	—80°
			X	22,	+13°	—83°
			18 I	16,	+19°	—80°
			VI	13,	+14°5	—86°0
				16,	+15°1	—84°8
			VII	31,	+11°	—88°
			19 VI	29,	+14°5	—86°
			VII	17,	+11°	—88°
				22,	+13°	—83°
			X	14,	+11°	—88°
				28,	+13°	—83°
			XII	5,	+13°	—85°4
			21 II	4,	+16°5	—89°5
			III	28,	+14°5	—86°
			22 II	16,	+13°	—85°4
			VIII	18,	+13°	—85°4
			24 V	1, 21,	+14°5	—89°
			25 II	9,	+16°5	—89°5
			V	26,	+16°5	—89°5
			VI	14,	+17°5	—83°
			X	5,	+17°5	—83°
			X	5,	+12°5	—85°8
			XI	28,	+16°5	—86°0
			26 II	8,	+12°	—89°
				10,	+13°	—85°4
				15,	+11°7	—89°6
			III	24,	+14°0	—89°0
				17,	+13°	—83°
			V	26,	+14°5	—88°

	VII	24,	+14°5	—88°7
	X	19,	+11°	—83°
	XI	5,	+12°3	—85°8
27	X	2(2),	+14°	—88°
	XII	27,	+16°5	—89°5
28	III	27,	+16°5	—89°5
	X	25,	+12°3	—85°8
29	I	18,	Golfe du Honduras.	
	II	4,	Côte Salvador.	
	II	15,	+10°	—87°
30	III	7,	Côte Salvador.	
		14,17,	+13°	—89°
		29,	+12°4	—89°
		31,	Honduras.	

Maille relative à l'Amérique centrale, où l'on retrouve fréquemment (une douzaine de fois) des foyers au voisinage du point +14° —84° (Honduras, Nicaragua), d'autres plus à l'ouest, +15° —89° (une dizaine de fois). Cette côte de l'Amérique centrale constitue une des plus importantes régions focales.

	20	100				
28	N	W	13	VI	14,	+20° —99°
			14	III	30,	+19° —96°
				IX	7,	+14°5 —91°
			16	II	27,	+10°5 —91°
				IX	23,	+10° —97°
			17	III	6,	+16° —96°
				VI	8,	+14°5 —91°
				X	19,	+18° —100°
				XII	26,	+10°5 —91°
				XII	29,	+15° —97°
			18	I	4,	+10°5 —91°
					25,	+12° —95°5
			18	X	19,	+14°5 —91°
				XI	5, 16,	+12° —95°5
			19	I	17,	+16° —96°
				IV	17, 28,	
				VII	1, 6,	+14°5 —91°
			20	I	4,	+18°2 —97°5
				III	23,	+14°5 —91°
				IV	6,	+15°6 —97°8
					19,	+18°4 —94°3
				VII	3,	+15° —94°5

	X	1,	+17°	—99°
		8,	+16°	—90°
	XII	11,	+14°5	—91°
21	I	8,	+14°5	—94°
	XI	2,	+17°	—99°
22	IV	3,	+20°	—94°
23	II	8,	+18°2	—97°5
	VI	4,	+14°5	—94°
24	VII	2,	+14°5	—94°
	IX	9,	+19°4	—99°2
25	IX	4,	+16°	—90°
	II	10,	+16°	—90°
	XII	10 (3), 11,	+15°5	—92°5
26	IX	29,	+20°	—94°
27	II	10,	+16°	—96°
		24,	+14°5	—91°
	IV	9,	+17°	—97°
		27,	+16°	—96°
	V	2,	+16°	—96°
		9,	+15°5	—92°5
		31,	+13°	—97°
	XII	24, 27,	+15°6	—97°8
28	I	25,	+16°	—96°
	II	10,	+18°2	—97°5
	III	22,	+16°	—96°
	IV	13,	+15°5	—96°4
		17,	+17°5	—94°5
	V	21,	+13°5	—92°5
	VI	17 (3), 18,	+16°2	—97°2
	VII	6,	+16°2	—97°2
	VII	8, 10 (2),	+15°5	—96°4
	VII	22,	+16°2	—97°2
	VIII	4, 20,	+16°2	—97°2
		30,	+12°	—95°5
	IX	1,	+15°2	—95°7
		23,	+15°4	—94°5
	X	9, 13, 30,	+16°2	—97°2
	XI	18,	+17°	—97°
		28,	+16°2	—97°2
29	I	24,	+13°	—95°
		28 (3), 31,	Guatémala, fosse d'Acapulco.	
	II	3, 8,	San José, Guatémala.	
		10,	+13°	—91°
	III	19,	+13°	—91°
		21,	+12°	—90°
		28,	+14°	—99°

IV	7,	+13°07	—92°07
V	12,	Fosse d'Acapulco.	
VII	30,	Guatemala.	
VIII	17,	+14°	—99°
30 I	17,	Fosse d'Acapulco.	
II	1,	+12°	—92°
VI	30,	Guatemala.	
VII	7,	Guatemala.	
	23,	Mexique.	
	27,	+12°	—91°
VIII	13,	Guatemala.	
IX	1,	Côte Mexique.	
	26,	Guatemala.	

Cette maille 28 est de beaucoup la plus riche ; c'est elle qui contient les régions focales voisines de +13° —90° et +11° —97°, dont il est question dans le mémoire de M. Lacoste sur le tremblement de terre du Mexique de janvier 1931, qui paraîtra très prochainement dans un fascicule de cette collection. Ce sont des foyers marins qui s'étagent au voisinage de la côte et en relation avec la grande fosse d'Acapulco.

20	110				
29 N	W	13 I	15,	+19°	—100°
	10	16 XI	21,	+18°	—100°
		18 V	16,	+18°	—100°
	32		VI	7,	+18°07
		19 IV	18,	+19°06	—103°03
			VII	25,	+10°
			XI	14,	+11°
		21 V	1,	+18°05	—104°05
			14,	+20°	—103°
		22 IV	2,	+11°	—108°
			20,	+15°05	—101°02
			VI	12,	+19°05
			IX	29,	+15°05
		23 XI	9,	+16°	—103°
			II	8,	+19°06
		24 IV	21,	+19°	—105°05
			V	5,	+19°
			5,	+15°05	—106°
		25 VII	7,	+19°06	—106°05
			VIII	7,	+19°
			IX	25,	+19°
			X	4,	+10°
			XI	16,	+10°
				+19°08	—107°

26	X	1,	+10°	—103°
27	I	19,	+16°	—103°
	VIII	9,	+12°5	—109°7
28	I	1,	+16°5	—100°2
	IV	26, 27,	+18°5	—104°5
	VII	1,	+15°5	—101°2
		7,	+17°5	—102°
30	XI	28,	+18°	—106°
		30,	+18°	—107°

Cette maille affecte la côte mexicaine ; on y trouve le point +18° —100° et surtout la famille d'épicentres marins, comme +11° —108°, +10° —103°, +15° —101°, +16° —103°, qui reviennent très fréquemment et toujours à peu près de mêmes coordonnées dans la succession des ans. Ils sont en liaison directe avec ceux de la maille 28. Ce sont encore des épicentres en liaison avec la région si mobile de la fosse d'Acapulco.

45	N	30	90	19	V	18,	+24°	—87°
		20	80					
		1						

Maille stable du golfe du Mexique, comme la suivante.

46	N	30	100	17	VII	4,	+30°	—90°
		20	90	22	VII	2,	+30°	—90°
		3		25	XII	6,	+30°	—97°0

C'est un contraste frappant que la stabilité relative des régions Est par rapport aux bords si mobiles du Pacifique.

47	N	30	110	14	VIII	8,	+21°	—106°5
		20	100	17	VI	29,	+21°	—106°5
				18	V	23,	+27°	—109°5
		16		19	IX	15,	+21°	—106°5
				20	VI	2,	+21°	—106°5
					IX	27,	+27°	—109°5
				21	III	6,	+26°5	—109°0
				22	II	14,	+26°	—100°
					VI	12,	+24°	—107°

23	VIII	28,	+26°	—107°
25	I	5,	+24°	—107°
	III	24,	+24°	—107°
	VIII	29,	+25°5	—110°5
26	V	11,	+21°	—106°5
28	XI	1,	+27°	—107°5
29	IX	27,	+24°	—110°

Contraste encore plus accusé entre 46 et 47 ; maille très active : les épacentres +21° —106°5, +27° —109°5, +24° —107°, figurent chacun plusieurs fois.

Une très belle carte séismique du Mexique a été publiée par les soins de M. Luis N. Morones¹. Elle contient 199 foyers caractéristiques déterminés par les stations séismiques mexicaines au cours des années qui ont précédé 1926. Un certain nombre d'entre eux coïncident avec ceux de l'*International Summary* ; beaucoup en diffèrent de quelques fractions de degré, parfois même de quelques degrés. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, les méthodes de détermination étant différentes selon qu'elles sont basées sur des stations proches ou lointaines, et surtout s'appuyant sur des données plus ou moins nombreuses et diverses. On doit à M. Manuel Munoz Lumbier un mémoire descriptif de cette carte mexicaine² et une liste des foyers avec leurs coordonnées.

Un plus grand nombre de phénomènes interviennent que dans l'*International Summary*, qui ne s'occupe que des séismes à large propagation (the large earthquakes). On constate pourtant que c'est encore la maille 28 qui tient la tête avec 142 foyers précisés, tandis que la maille 29 n'en a que quarante-six et la maille 47 huit, soit au total 196. Trois foyers sont hors des mailles que cette étude concerne.

M. le colonel Holtzapffel, chargé de l'enseignement de la topographie et du dessin à l'Institut de physique du globe

1. *Carta sísmica de la República Mexicana*, escala 1/2,000,000. Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, Secretario : Luis N. Morones. Departamento de exploraciones y estudios geológicos, 1927.

2. *Memoria descriptiva de la carta sísmica de México* (con datos obtenidos hasta 1926), por Manuel Munoz Lumbier.

de Strasbourg, a bien voulu collaborer à ce travail en dessinant tous les graphiques relatifs aux diverses mailles dont je me suis occupé ; je lui en exprime toute ma gratitude. La comparaison de ces graphiques, beaucoup mieux que les tableaux, conduit à des remarques intéressantes. La maille mexicaine 28 présente incontestablement l'agitation maximum entre les années 1927 à 1930, *comme celles du Chili*. La maille 27 fut, au contraire, plus agitée en 1926. Toutes présentent une accalmie entre 1920 et 1925. La maille 28 mise à part, les années 1913 à 1919 constituent une période de calme. L'agitation spéciale de la maille 25 SW en 1919 se retrouve dans les mailles 27 et 28 NW.

Ainsi, sans qu'on puisse affirmer une complète coïncidence, *l'activité existe d'une manière générale le long des côtes américaines du Pacifique au cours des dernières années qui concernent cette étude, à savoir de 1926 à 1928.*

La maille 28 NW mériterait une étude détaillée des relations existant entre ses divers foyers. Si on la subdivise en parties, quarts NW NE SE SW, on constate que, sur soixante-dix séismes, trente-cinq et dix-neuf appartiennent aux quarts en diagonale NW SE ; il y en a dix dans le quart NE et six seulement dans le SW. (On pourrait poursuivre dans le temps et en détail l'étude de ces diverses subdivisions.)

Il m'avait paru intéressant de rechercher si les mouvements en un point du globe pourraient se répercuter à l'antipode. Y a-t-il liaison, par exemple, entre les mailles du Chili 25, 26, 43, 44 SW et celles qui leur sont diamétralement opposées 29, 30, 47, 48 NE ?

M. Stahl, ingénieur-géophysicien, a bien voulu faire le relevé de ces dernières en y ajoutant les listes de 11, 12, 65, 66, 83, 84, 101, 102 NE qui sont publiées ci-dessous.

La comparaison des graphiques établis par le colonel Holtzapffel conduit à une conclusion négative. Seules les mailles 62 SW et 65 NE présentent quelques rapports de synchronie vers les années 1926-1928. Mais 62 SW a, en outre, une activité marquée en 1922-1923. Pour les autres,

il n'y a pas concomitance, mais, au contraire, intercalation des périodes d'activité et de repos. La maille 48 NE présente une forte activité en 1926 comme 27 NW. Elle précède d'une année l'activité du Chili et du Mexique. L'activité de la maille 48 NE entre 1917 et 1920 coïncide avec celle de 27 et 28 NW. On peut donc bien employer à cette occasion le terme de *migration des épacentres*, l'activité pouvant passer d'années en années en des points diamétralement opposés.

L'activité la plus grande a lieu de 1925 à 1927 pour les mailles 29 et 47.

10	110				
11 N	E	15 IV	3,	+0°5	+100°0
	0		22,	+1°5	+100°0
		18 IX	22,	+0°5	+100°0
	4	23 VII	27,	+1°0	+101°0

Comprise entre les îles de Sumatra et Bornéo et la presqu'île de Malacca. Cette maille ne présente qu'un foyer au voisinage de +1° +100°, côte ouest de Sumatra. Il est resté inactif depuis 1923.

10	120				
12 N	E	14 VIII	6,	+4°0	+115°0
	0	17 X	3,	+4°0	+115°0
		XII	2,	+4°0	+115°0
24		18 I	6,	+1°5	+110°0
		VIII	16,	+9°0	+110°0
		20 II	26,	+5°0	+110°0
		21 V	13 (3),	+0°7	+117°9
			14,	+0°7	+117°9
		IX	20,	+1°5	+110°0
		XI	7 (2),	+0°7	+117°9
		23 IV	17,	+2°5	+118°5
			19,	+2°5	+118°5
		23 VIII	11,	+5°0	+120°
		24 IV	13,	+1°0	+118°0
		24 VIII	28,	+5°0	+120°
		26 VI	18,	+1°0	+118°0
		XII	25,	+1°0	+116°0
		27 VIII	8,	+1°0	+118°0
		30 II	24,	+3°0	+118°0
		VI	4,	+1°0	+119°0
		XI	8,	+1°0	+119°0

Beaucoup plus active que la précédente, cette maille de Bornéo présente de nombreux foyers s'échelonnant sur toute la largeur de l'île, le long des côtes et en mer. Les plus fréquents sont $+1^{\circ} +118^{\circ}$ et $+1^{\circ}5 +110^{\circ}$. Quelques foyers en mer. L'activité principale est en 1921.

	20	110				
29 N	E		48 III	22,	+19 ^o 8	+103 ^o 3
	10	400	49 XI	16,	+15 ^o 5	+109 ^o 0
				XII 9,	+19 ^o 8	+103 ^o 3
	10		20 V	27,	+19 ^o 0	+109 ^o 0
			24 XII	26,	+14 ^o 0	+109 ^o 0
			25 XII	22,	+20 ^o 0	+101 ^o 5
				23,	+20 ^o 0	+101 ^o 5
			26 III	29,	+20 ^o 0	+101 ^o 5
				VIII 15,	+14 ^o 0	+109 ^o 0
			27 VIII	9,	+12 ^o 5	+109 ^o 7

Maille de l'Annam, dont les séismes s'échelonnent sur neuf années avec un calme absolu de quatre ans. L'agitation la plus forte a lieu de 1925 à 1927.

	20	120				
30 N	E		45 XI	18,	+18 ^o	+119 ^o 5
	10	410	46 VIII	8,	+18 ^o 5	+120 ^o
			47 II	5,	+15 ^o	+111 ^o
	22			III 2,	+11 ^o 5	+114 ^o
				IX 17,	+18 ^o 5	+120 ^o
				XI 13,	+11 ^o 5	+114 ^o
			48 IX	7,	+11 ^o 5	+114 ^o
			49 VIII	19,	+18 ^o 5	+120 ^o
			24 XI	22,	+15 ^o	+111 ^o
			22 VI	1,	+19 ^o 5	+120 ^o
				29,	+18 ^o 8	+120 ^o
			23 VII	8,	+19 ^o 5	+120 ^o
			24 V	3,	+16 ^o 0	+119 ^o 0
				6,	+16 ^o 0	+119 ^o 0
			25 VIII	21,	+14 ^o 5	+115 ^o 0
			27 I	5,	+17 ^o 0	+118 ^o 0
				12,	+15 ^o 0	+119 ^o 7
				IV 13 (2),	+15 ^o 8	+119 ^o 4
				19,	+15 ^o 8	+119 ^o 4
				VII 18,	+18 ^o 0	+119 ^o 5
			28 VIII	5,	+16 ^o 0	+119 ^o 0

Maille de la mer de Chine à l'est des Philippines. La région focale la plus fréquemment agitée est au voisinage de $+18^{\circ} +119^{\circ}5$, au NE des Philippines. Elle présente une dizaine de séismes sur vingt-deux.

47 N	30	110	13 XII	21,	+24 ^o 5	+102 ^o 0
	E		17 VII	30,	+29 ^o 0	+104 ^o 0
	20	100	23 VII	1,	+22 ^o 0	+100 ^o 5
	19			VIII 28,	+26 ^o 0	+107 ^o 0
			25 III	16 (2),	+25 ^o 0	+100 ^o 5
				IV 16,	+27 ^o	+103 ^o 5
				X 14,	+27 ^o	+100 ^o
					15,	+27 ^o
					29,	+29 ^o
			26 VIII	11,	+29 ^o 5	+101 ^o
				IX 11,	+20 ^o 8	+106 ^o 6
				XI 23,	+25 ^o	+108 ^o 5
				XII 5 (2),	+25 ^o	+100 ^o 5
			27 III	14,	+26 ^o	+102 ^o 5
				VII 2,	+29 ^o 5	+101 ^o
			30 V	14,	+27 ^o	+102 ^o
				VI 5,	+25 ^o 5	+100 ^o

Chine méridionale, dont la bande Est est nettement la plus agitée. Les foyers s'y étagent en latitude. La plus forte agitation a lieu de 1925 à 1927.

48 N	30	120	13 I	8,	+22 ^o 5	+117 ^o 5
	E			IV 14,	+24 ^o 6	+118 ^o 5
	20	110	15 I	5,	+25 ^o	+119 ^o 5
	105		17 I	27,	+26 ^o	+114 ^o
			18 I	15,	+25 ^o	+119 ^o 5
				II 13,	+24 ^o	+116 ^o 5
				XII 18,	+25 ^o	+119 ^o 5
			19 IX	26,	+22 ^o 5	+116 ^o 5
				X 31,	+24 ^o	+116 ^o 5
				XII 9,	+25 ^o	+114 ^o
			20 V	29,	+25 ^o	+119 ^o 5
				XII 4,	+25 ^o	+119 ^o 5
				6,	+25 ^o	+119 ^o 5
			21 III	19,	+24 ^o	+116 ^o 5
			22 IV	7,	+23 ^o 5	+119 ^o
			23 III	17,	+23 ^o 5	+119 ^o

26	VI	13,	+20°	+116°5
	VII	10 (3),	+25°	+119°
	VIII	5 (20),	+25°	+119°5
		6 (19),	+25°	+119°5
		7 (8),	+25°	+119°5
		8 (8),	+25°	+119°5
		9 (3),	+25°	+119°5
		11, 14, 20,	+25°	+119°5
29	X	22,	+23°	+116°5
		29,	+23°	+116°5

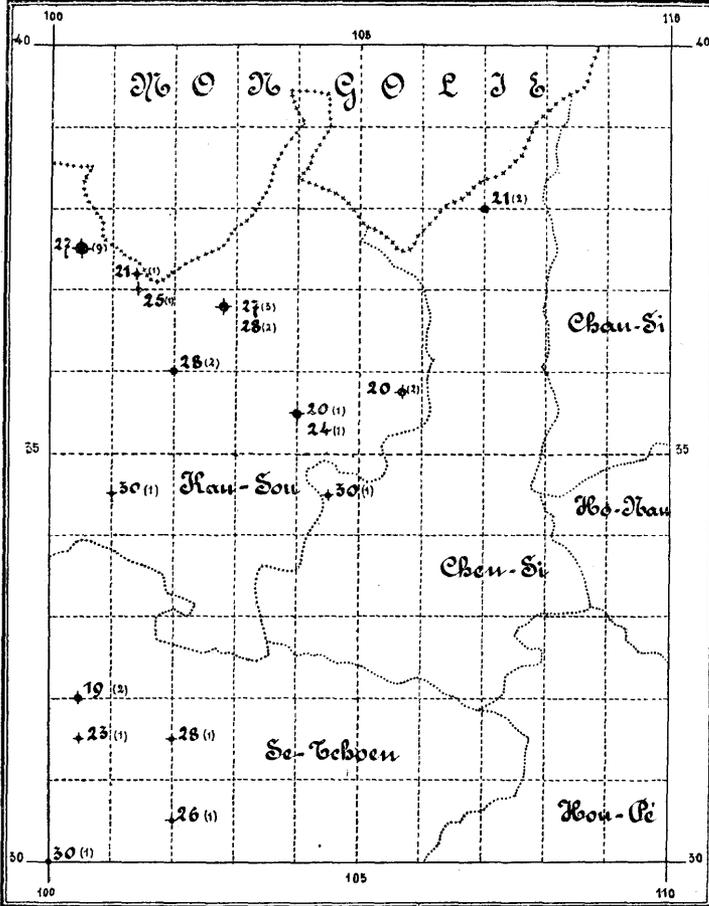
A la limite de la maille :

17	I	4,	+24°	+120°
	II	17,	+21°	+120°
	VIII	14,	+21°	+120°
18	V	4,	+21°	+120°
	IX	13 (4),	+21°	+120°
		16,	+21°	+120°
		18,	+21°	+120°
19	IX	7,	+24°	+120°
		8,	+24°	+120°
20	VI	5,	+24°	+120°
		16,	+24°	+120°
	X	20 (2),	+24°	+120°
22	V	22,	+24°	+120°
	VII	19,	+25°5	+120°
	IX	4,	+24°	+120°
	XI	18,	+24°	+120°
	XII	2,	+24°	+120°
23	XII	4,	+24°	+120°
24	XI	2,	+24°	+120°
25	III	1,	+22°	+120°
28	IV	27,	+21°	+120°

La plupart des épicentres ont une latitude $< 25^\circ$; un seul atteint 26° . Les longitudes sont supérieures à 114° . C'est donc le quart SE de cette maille qui seul est actif. Il représente la partie SE de la Chine en face de Formose. Les côtes constituent une des régions les plus actives du globe. Le foyer le plus fréquent est $+24^\circ +120^\circ$, avec de légères modifications.

	40	110		
65 N	E	100	19 V	29,
	30	100	VIII	25,
	32			
				+32°
				+32°
				+100°5
				+100°5

— Maille 65. —



— Chine. — Provinces du Han-Sou et du Se-Tchouen.

20	XII	16,	+35°5	+105°7
		25,	+35°5	+105°7
		28,	+35°5	+104°
21	I	6,	+38°	+107°
		7,	+38°	+107°
	IV	12,	+37°2	+101°4
23	III	24,	+31°5	+100°5
24	IV	21,	+35°5	+104°
25	IV	20,	+37°	+101°4
26	XI	22,	+30°5	+102°
27	V	22 (2),	+36°8	+102°8
		23 (5),	+37°5	+100°5
		23,	+36°8	+102°8
		24 (3),	+37°5	+100°5
	VI	23,	+37°5	+100°5
28	III	7,	+36°	+102°
		20,	+36°8	+102°8
		21,	+36°8	+102°8
	V	5,	+36°	+102°
	VII	19,	+31°5	+102°
30	IV	27,	+34°5	+101°
	VII	23,	+34°5	+104°5
	VIII	24,	+30°	+100°

Maille du Kan-sou, s'étendant sur les montagnes Kuen-lun du Tchéou-Fou jusqu'à la boucle du Hoang Ho formant le désert de l'Ordos. Les longitudes ne s'étendent que de 100° à 107°. Cette région a fait l'objet d'une étude spéciale à l'Institut de physique du globe de Strasbourg¹; pour cette raison, je reproduis ci-dessous tous les épicentres de la région indiqués par l'*International Summary*. On y constate à l'intérieur de la maille une « migration » vers l'ouest très accusée dans les années 1927, 1928, 1930².

1. Y. Dammann, assistante à la Faculté des sciences de Strasbourg : *Le tremblement de terre du Kan-sou (16 décembre 1920), étude physique et mathématique de la propagation*. Thèse Strasbourg, 1927.

2. Le 25 décembre 1932, au moment où je m'occupais de ce travail, s'est produit un séisme très important, catastrophique, dont l'épicentre est vers 39°5 N, 95°5 E, d'après les déterminations actuelles encore imparfaites; ce séisme fait, à mon avis, partie de la famille des précédents, c'est encore une migration du mouvement vers l'ouest, vers les montagnes d'Altyn-tag et de Kuen-lun.

66 N	40	120					
	E	30	110	17 I	24,	+31°	+114°
				21 VI	14,	+37°8	+117°3
	5			XII	1,	+30°	+119°5
23 VII				23,	+33°	+119°	
			25 VII	4,	+30°	+119°5	

Maille de Pékin, Nankin, côtes de la mer Jaune. Peu agitée ; stable depuis 1925.

83 N	50	110					
	E	40	100	15 IV	30,	+44°	+101°
				25 II	7,	+48°	+105°
	5			VI	24,	+48°	+105°
27 II				27,	+48°	+105°	
			30 VI	17,	+42°5	+103°	

Désert de Gobi, Mongolie, montagnes de Mirku, accusant une grande stabilité par rapport à 65 qui lui succède au sud.

84 N	50	120					
	E	40	110	17 VII	31,	+45°	+120°
				18 IV	10,	+40°	+110°
	4			27 V	27,	+40°	+110°
19 III				13,	+45°	+120°	

Mongolie, désert de Gobi jusqu'aux montagnes qui la séparent de la Mandchourie.

101 N	60	110					
	E	50	100	24 XI	9,	+52°	+103°
				28 XII	18,	+52°	+103°
3			29 V	10,	+50°4	+107°1	

Maille du lac Baïkal. Peu d'agitation.

102 N	60	120					
	E	50	110	17 IV	29,	+56°	+115°
				27 II	11,	+56°	+115°
2							

LES TREMBLEMENTS DE TERRE

DANS LA RÉGION FRONTIÈRE SILÉSIE-MORAVIE

PAR LE PROFESSEUR. DR JOSEF SPACEK

Au cours des 11, 12, 13, 15, 16 et 18 avril 1931, on a observé en Silésie des tremblements de terre qui se sont produits dans la région du carbonifère inférieur. Ces secousses n'ont certes pas causé de catastrophes, mais elles ont été accompagnées de faits intéressants à plusieurs points de vue.

Afin de les mettre en évidence aussi exactement que possible, j'ai eu recours, dès le début, à plus de quarante stations d'observation, dont le réseau fut choisi de manière à être particulièrement dense là où eurent lieu les secousses principales, c'est-à-dire aux endroits où se trouvent les principales dislocations géotectoniques. Mon travail a été simplifié par le fait que, pendant le tremblement de terre, je séjournais précisément à Hlucin. J'ai ainsi pu contrôler sur place presque toutes les communications qui me sont parvenues, visitant moi-même chacune des localités indiquées, surtout celles au sujet desquelles j'avais reçu un moins grand nombre de renseignements tout à fait sûrs. Ce travail de contrôle établit clairement que ce sont surtout les nouvelles des journaux auxquelles on ne saurait point se fier. Ainsi, par exemple, la presse avait dit qu'à Levice près de Krnov la tour de l'église avait subi de très fortes lézardes, au point qu'il serait nécessaire de la démolir. Lors du contrôle sur

place, on constata que la commune de Levice n'avait subi aucune secousse violente, que le clocher de l'église n'avait souffert aucun dommage et qu'il restait parfaitement ferme et stable. Au cours de mes enquêtes, j'ai pris quelques photographies des modifications géotectoniques des couches terrestres qui se sont produites pendant l'époque carbonifère. Enfin, j'ai dressé un tableau synoptique dans lequel sont portées les secousses séismiques qui ont eu lieu autrefois dans cette région ; j'ai également dessiné une carte géotectonique et séismique, dans laquelle l'intensité du tremblement de terre qui s'est produit en 1931 est représentée graphiquement par les isoséistes¹.

J'exprime ici mes remerciements sincères à M. E. Rothé, doyen de la Faculté des sciences de Strasbourg, directeur du Bureau central international de séismologie, qui a bien voulu m'aider de ses conseils, pour les indications pratiques qu'il m'a données et la traduction qu'il a faite, ce dont je lui suis profondément reconnaissant.

1. N. D. L. R. : La carte jointe a été faite par l'auteur en vue spécialement de l'étude des tremblements de terre ; elle ne comprend pas le détail des couches géologiques. L'Institut géographique de Prague a bien voulu, par l'intermédiaire de MM. Svanbera et Salamon, mettre à notre disposition une fort belle copie de la carte géologique détaillée « Geologisch-tektonische Karte des ostsudetischen Palaeozoikums », 1/200,000, par Ing. Dr. K. Patteiky (1928), à laquelle les lecteurs auront grand intérêt à se reporter.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES TREMBLEMENTS DE TERRE
A LA FRONTIÈRE SILÉSIE-MORAVIE

DATE	ZONE D'OBSERVATION	REMARQUES
998, juin.	Silésie entière.	Secousses
1000.	Europe entière.	—
1011, fév.	Silésie entière.	—
1092.	Région d'Opava.	—
1201, 4 mai.	Silésie entière.	—
1258.	Région d'Opava.	—
1259, 2 fév.	Région de Vratislav.	—
1348, 25 janv.	Région de Ratibor.	—
1350.	Silésie entière.	Violentes secousses.
1356.	Région de Ratibor.	Secousses.
1358.	Région de Ratibor.	—
1372, 1 ^{er} juin.	Région de Vratislav.	—
1422.	Région de Breh.	—
1433.	Silésie entière.	Violentes secousses.
1442, 6 janv.	Région de Breh.	—
1443, 3 juin.	Région de Vratislav et	Les églises, les tours et les bâtiments élevés s'écroulèrent. A Opava les cloches sonnèrent. A Breg des maisons s'écroulèrent.
1483.	de Breh.	
1615, 20 fév.	Silésie entière.	Secousses.
1690, 4 déc.	—	—
1756.	—	—
1762, 1 ^{er} oct.	—	Violentes secousses.
1763, 28 juin.	—	—
1768, 27 fév.	—	—
1774, janv.	Région de Ratibor.	Secousses.
1785, 22 août.	Région de Bruntal et d'Opava.	Violentes secousses, dégâts aux maisons.
1786, 13 fév.	—	Violentes secousses; des personnes sont réveillées.
1786, 27 fév.	—	Secousses.
1786, 5 mai.	—	Violentes secousses surtout à Opava.
1786, 22 août.	—	—
1786, 3 nov.	—	—
1786, 3 déc.	Région de Bruntal, Frankstadt et Opava.	Violentes secousses; lézardes dans les murs.
1787, 27 fév.	Haute-Silésie.	Secousses.
1827, 14 janv.	Région de Bilsko.	Affaissement du sol de 7 pieds.
1829, 2 juin.	Silésie entière.	La source minérale de Warmbrunn se trouble.
1837, 14 mars.	—	Faibles secousses.
1840, 26 janv.	—	Secousses.
1858, 15 janv.	—	—
1878, 26 nov.	Région d'Opava.	—
1895, 11 juin.	Silésie entière.	Violentes secousses; des lampes et vases bougent.

DATE	ZONE D'OBSERVATION	REMARQUES
1901, 10 janv.	Silésie entière.	Secousses.
11 avril.	—	L'eau jaillit hors des vases qui
16h 58m.	—	la contenaient; les fenêtres
12 avril	—	vibrent; les meubles bougent;
22h 25m.	—	ça et là, bris d'objets de vais-
13 avril.	—	selle qui se sont entrechoqués;
2h 30m.	—	pendules et tableaux tombent
15 avril.	—	du mur; près de Hlucin et
1931 17h et	—	Koblov les rochers dégringolent
23h 15m.	—	le long de la pente des
16 avril.	—	coteaux; on entend ça et là
0h 45m	—	des coups violents comme des
et	—	coups de tonnerre; ailleurs le
2h 15m.	—	bruit fut celui d'un train pas-
18 avril.	—	sant sur un pont de fer ou
14h.	—	d'une forte colonne d'automobiles
		passant près des maisons; des lampes
		sont mises en mouvement et oscillent
		comme un pendule; les objets
		qui se trouvaient par terre
		sautent en l'air. A Slavkov on
		entendit un bruit comme si le
		magasin militaire avait sauté.

Les plus fortes secousses ont été observées le 12 avril à 22 h. 25 m. La superficie de la zone d'ébranlement était d'environ 10 000 km².

Intensité des secousses

Le tremblement de terre de 1931 s'est étendu sur le complexe des massifs du carbonifère inférieur en Silésie et dans les régions avoisinantes de Moravie; les secousses les plus fortes ont été ressenties dans les vallées de l'Opavice et du Moravice: c'est là qu'il faut chercher l'origine des mouvements des massifs.

On trouvera ci-dessous un tableau synoptique des massifs et des failles séismiques avec les remarques les plus importantes.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES MASSIFS
ET DES FAILLES SÉISMQUES

Section I : Koblov, Moravska, Ostrava.

Fossé de dislocation dans les vallées des fleuves Odra et Becva, à la limite des massifs du carbonifère inférieur. A Koblov, un rocher se détacha pendant le tremblement de terre, le 12 avril 1931. Le fossé de dislocation I a été interrompu à l'époque tertiaire par une ligne de faille, de telle manière que sa partie n° 6 (NE) fut déplacée dans la direction de la ligne de faille Hlucin-Trebovice. Par ce mouvement le massif VIII fut déplacé vers le N.

Section II : Hlucin, Kozmice, Dolni, Benesov, Zabreh, Kravare, Dehylov, Haj, Smolkov, etc.

Violentes détonations dans la vallée près de Dehylov, Kozmice, Dolni Benesov, Zabreh, Haj, Komarov ; près de Hlucin, un rocher tomba le long de la pente de la Vinnahora. — Dans les couches supérieures de sable fluvial se trouvent au voisinage de plaquettes unies de lydite des pétrosilex cornés et des silex pierre à fusil, dont on faisait à l'âge de la pierre différents instruments. On les rencontre çà et là dans les champs, aux environs de Hlucin et de Opava (aiguilles, marteaux, javelots de pierre), témoignant du fait que les hommes habitant ces régions à la fin de l'époque diluvienne recherchaient cette espèce de pierre et l'apportaient de loin, ou bien encore que les fleuves de cette époque avaient une direction toute différente de celle qu'ils ont aujourd'hui et apportaient ces pierres du nord jusqu'à cet endroit. C'est après cette époque qu'a dû se produire le soulèvement des monts Jeseník, de sorte que les fleuves ont pris leur cours actuel.

Section III : Opava, Katerinky, Kylesovice, Holasovice, Krnov.

Zone d'effondrement du fleuve Opavice. — Les enfants du pensionnat d'Opava furent réveillés et fort effrayés par le tremblement de terre du 12 avril 1931 ; les lampes suspendues bougèrent, des billes qui se trouvaient dans un coin sautèrent et les meubles remuèrent. Ni les enfants ni les reli-

gieuses ne purent dormir de la nuit. Le fossé III est séparé du fossé II par la ligne de faille du fleuve Moravice. — Le massif VII a été déplacé tout le long de cette faille (Moravice) vers le NE et, en même temps que le massif lui-même, le fossé II. A Krnov, on a entendu un bruit semblable à celui que ferait une forte colonne d'automobiles militaires passant dans la rue.

Section IV : Levice, Divci Hradý.

Massif du carbonifère inférieur à la limite des massifs tertiaires qui sont recouverts de dépôts diluviaux (sable, cailloux, argile). Secousses plus faibles.

Section V : Albrechtice, Bruntal, Krnov, Brantice, Zabor.

Massif voisin de la fosse III. Lors des secousses, la vaisselle sauta en l'air. Ça et là, des portes s'ouvrirent.

Section VI : Benesov, Lodenice, Neplachovice, Janské Lazné, Hlavnice, Litultovice, Slavkov.

Massif se trouvant dans le voisinage du fossé III et du fossé du fleuve Moravice. A Janské Lazné se trouve une source minérale. Près de Neplachovice et Slavkov sont des affleurements arrondis de basalte provenant d'anciens volcans. Près de Slavkov, on entendit pendant le plus fort tremblement de terre une violente détonation, comme si un magasin militaire avait fait explosion. Fortes secousses, les tableaux tombèrent des murs, les verres se brisèrent en se choquant. Fort bruit souterrain.

Section VII : Josefovica, Hrabyn, Plesna, Hradec, Radun.

Massif limité de tous les côtés par de fortes failles. Secousses. Les meubles ont remué.

Section VIII : Koberice, Stepankovice, Chuchelna, Tvorkov, Hat, Ludgerovico Bolatice.

Autre massif. Pendant le tremblement de terre, on a entendu un bruit semblable à celui que fait le passage d'une colonne d'automobiles. Bruit dans les toits des maisons, les meubles bougent ; la tête de cerf de la maison forestière tomba.

Faits géotectoniques

J'avais précédemment déterminé les limites des zones d'effondrement et les avais placées aux endroits où les masses rocheuses apparaissent en surface le long du fossé. Ce sont les couches du carbonifère inférieur et du carbonifère (Vinna Hora près de Hlucin, Veliky Vrch près de Kozmice, la carrière de pierres en face de Trebovice, la carrière près de Dehylov et Jilesovice).

Mon opinion a été entièrement confirmée par le tremblement de terre de 1931. Les couches du carbonifère inférieur, qui ailleurs gîtent presque horizontalement, sont placées ici presque verticalement. Les points de courbure sont profondément fragmentés. La ville de Hlucin se trouve dans un bassin circulaire d'effondrement rempli de sable diluvial. L'épaisseur de la couche de sable est ici de vingt mètres environ. La base du sable est formée d'une épaisse couche d'argile miocène.

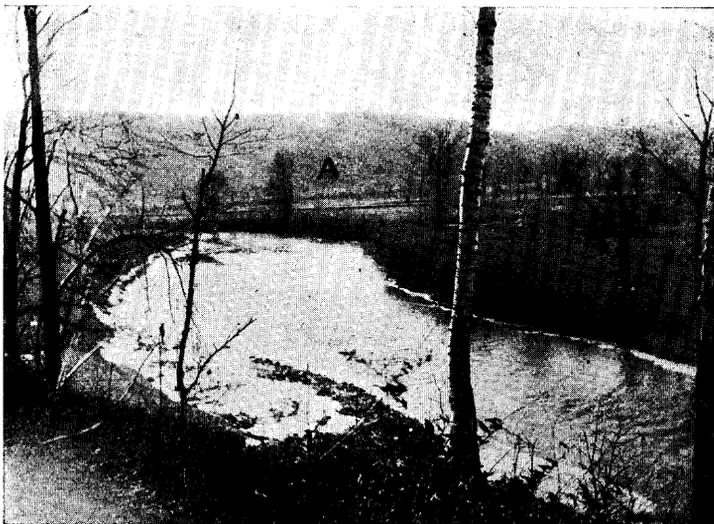
Le fossé I, de même que le fossé II et le fossé III, est marqué par le tracé du fleuve et par la large vallée de celui-ci. Pour le I, c'est l'Odra ; pour le II et le III, c'est l'Opavice. Ces deux fossés se sont traversés l'un l'autre, le point de croisement étant à l'origine dans la région où se trouve le bassin carbonifère d'Ostrava de Moravie, qui apparaît au jour sur la hauteur de Landeck. C'est là qu'on a tout d'abord commencé à exploiter le charbon.

Vers la fin de l'époque tertiaire, les deux failles des fossés I et II furent traversées par la ligne de faille Hlucin-Trebovice et leurs parties furent déplacées vers le nord. Il suit de là que les failles des fossés I et II sont d'un âge bien plus ancien.

Les massifs du carbonifère VI et VII sont limités par les failles des fossés I, II et III ; une épaisse faille dévonienne sépare au NW le carbonifère inférieur du massif cristallin des monts Jeseník. Le tracé des fleuves Moravice, Opava,

Opavice et les affleurements de basalte indiquent les limites du carbonifère inférieur dans ce terrain. A Janské Lazné se trouve une importante source minérale qui jaillit au point de rencontre de deux lignes de faille.

Il est également remarquable que les fleuves susnommés

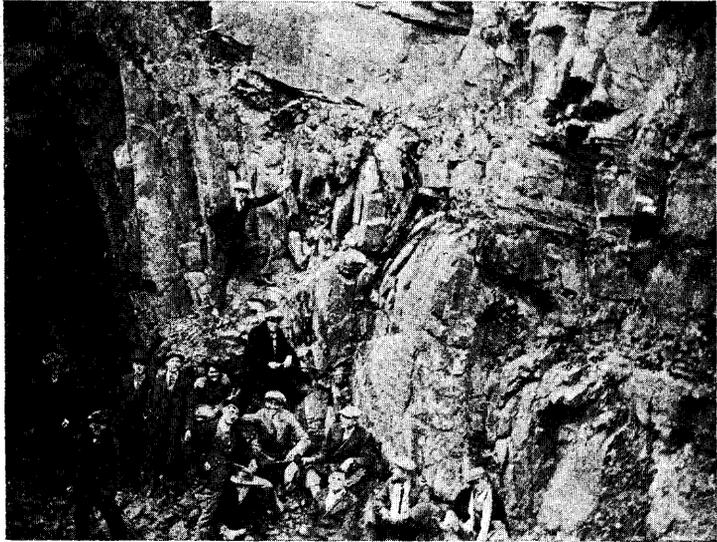


Une partie du fossé d'effondrement entre Hlucin et Dehylov au pied du vignoble (Dinnéhory) A sur le bord sud du fossé.

— ainsi qu'à certains endroits l'Odra — changent leur cours soudainement et presque à angle droit. Ceci doit encore une fois être considéré comme une preuve qu'il s'agit ici d'importantes ruptures géotectoniques, lors desquelles les anciens fleuves ont adapté leur cours aux circonstances nouvelles, alors qu'ils avaient auparavant à ces mêmes endroits une tout autre direction.

**Origine, cause et fréquence
des tremblements de terre dans la région considérée**

On voit par l'histoire des tremblements de terre de cette région, à la frontière Silésie-Moravie que les séismes se sont pro-

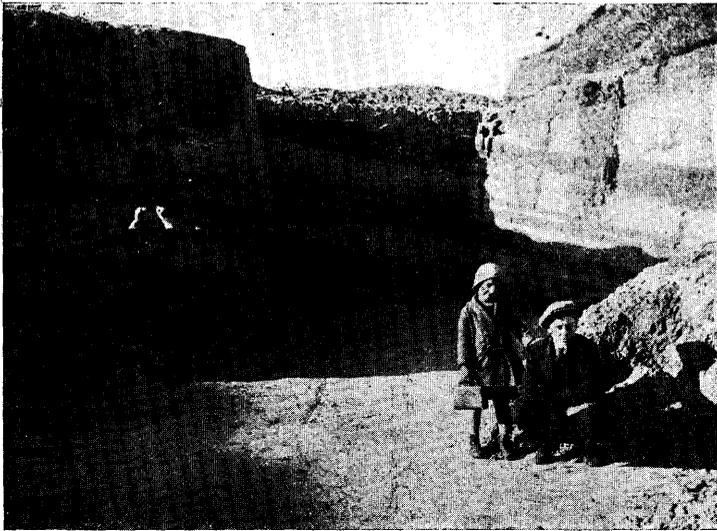


Carrière près de Jiselovic dans les couches de culm au bord du fossé d'effondrement II.

duits à peu près quatre fois par siècle. Cependant, en 1786, il y en eut sept en un an ; en 1931, il y en eut huit, ceci pendant plusieurs jours consécutifs. Il est très probable qu'il en fut de même aux époques antérieures ; mais on n'a noté que les secousses les plus fortes et on n'a pas tenu compte des faibles.

Il semble que la cause de ces tremblements de terre soit le défaut de stabilité des massifs terrestres locaux, ainsi que la présence d'eau souterraine qui remplit les creux et les

espaces se trouvant entre les massifs. Cette eau pénètre aussi les couches perméables : celles-ci deviennent plus denses et les surfaces de contact sont rendues glissantes, ce qui fait que



Carrière entre Ludgerovice et Petrkovice au bord d'un fossé d'effondrement.
Les couches de sable maritime tertiaire sont inclinées.
(Mouvements diluviaux.)

les mouvements des massifs se produisent plus aisément. Qu'un seul massif entre alors en mouvement, ceux qui sont placés dans son voisinage immédiat sont également entraînés, et c'est ainsi que le tremblement de terre peut s'étendre sur de grandes surfaces.

Les conséquences du tremblement de terre de 1443 ont été catastrophiques : églises, tours, bâtiments élevés furent en plusieurs endroits entièrement détruits. En 1785, les maisons furent endommagées çà et là, de même en 1786. Dans les années 1350, 1433, 1442, 1762, 1763, 1768, 1895, il y eut des secousses dont l'intensité se rapprochait beaucoup de celle de 1931. Lorsqu'on ajoute à celles-ci celles des années 1443

et 1785, on voit qu'au cours de dix siècles il y eut à peu près dix tremblements de terre assez violents, par conséquent un violent séisme par siècle, dont trois ont été désastreux. Le premier tremblement de terre silésien qui soit connu dans l'histoire a été indiqué en 998. Il est bien certain qu'il s'était produit des tremblements de terre avant cette date ; mais les renseignements sur ces phénomènes-là n'ont pas été transmis à la postérité. Le premier tremblement de terre violent a été signalé en 1443, le second de cette espèce s'est produit en 1785, donc après environ 340 ans ; depuis 1785 jusqu'à aujourd'hui se sont écoulés près de 150 ans, sans qu'il soit survenu un tremblement de terre désastreux. On peut conclure de ces faits que les blocs se sont sensiblement stabilisés.

Remarques relatives à la carte séismique

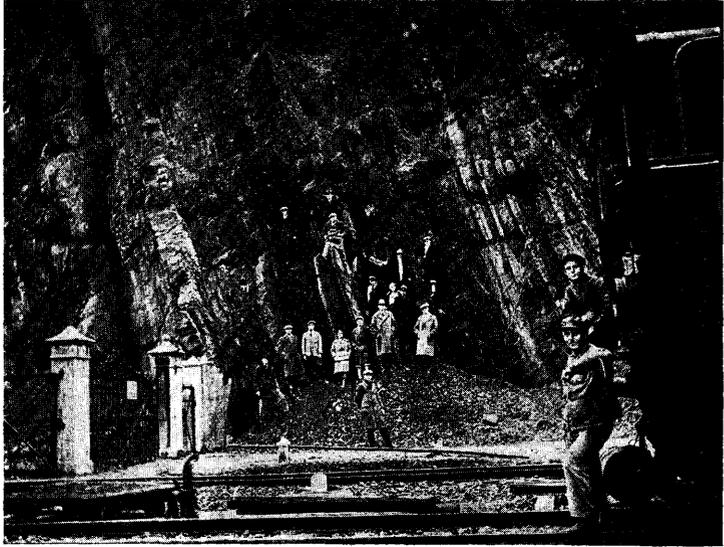
Les longues lignes droites épaisses désignent les lignes de faille entre les massifs individuels. Les lignes droites parallèles indiquent les bords des fossés d'effondrement ; ceux-ci doivent être tenus pour plus anciens, car ils sont traversés par les lignes de faille et ont subi des décrochements dans la direction de celles-ci. Le cours de tous les affluents se dirige vers le fossé le plus voisin ; les fleuves principaux cheminent directement à travers les larges bandes des fossés.

Le fleuve Odra, dans sa partie supérieure, a un cours parallèle à celui des affluents jusqu'à ce qu'il atteigne le fossé I. Aux endroits où ce fossé a été rompu et a subi un décrochement, le fleuve principal a encore une fois adapté son cours à la nouvelle situation ; le fleuve principal Opavice a fait de même en deux endroits dans le fossé II, qui fut rompu en trois parties. Cependant, le fleuve principal Opavice ne suit plus la troisième partie du fossé, car celle-ci a subi un grand décrochement vers le nord ; il suit la ligne de faille Hlucin-Trebovice, qui paraît être à une plus grande profondeur.

Les affluents du bloc VIII (NW sur la carte séismique) ont, dans l'ensemble, une direction indéterminée, ce qui semble

se rapporter aux anciennes conditions maritimes de cette région.

Le Moravice, dans son cours supérieur — très analogue au cours supérieur de l'Odra — était dirigé originairement vers le SE, donc parallèlement à l'Opavice actuel et aussi à



Couches typiques au bord du fossé I, entre Koblov et Petrkovice
au confluent du fleuve Odra.

des bras ou des lits secondaires de cette région, comme on peut le voir sur la carte.

Le cours originaire de ces affluents et aussi celui du fleuve Opavice étaient dirigés du NW au SE. Il est nécessaire de chercher au NW de la région Hlucin-Opava la patrie du granite rouge, à savoir dans le Jeseník Hrubý. À l'époque diluviale, cette roche pouvait en être très facilement transportée. Mais les découvertes de silex à briquet, de silex corné, de calcédoines, etc., s'expliquent aisément par l'industrie primitive de ces régions. La fréquence de ces minéraux n'est ici de loin pas aussi grande que par exemple dans les environs

de Cracovie ou Hambourg ou n'importe quelle autre région de l'Allemagne du Nord. Les phtanites, cornalines et agates que l'on trouve ici peuvent servir d'indication précieuse dans la question de la glaciation ou non-glaciation de cette contrée, car on les trouve çà et là à côté des silex ordinairement cornés (pétrosilex).

Juste au-dessus du croisement des lignes de faille, à Janské Lazné, se trouve une précieuse source minérale.

Pendant le tremblement de terre de 1931, on entendit de violentes détonations précisément dans ces fosses d'effondrement.

Il y a ici, depuis Hlucin vers le N, NW, NE, E, dans toute la région vers Opava et Ratibor et bien au delà, d'épais sédiments d'une mer miocène, qui semble avoir contenu plusieurs centaines de mètres d'argile. Cette mer, à la fin de cette époque géotectonique, s'écoula par la ligne de faille Hlucin-Trebovice qui se forma à ce moment.

L'époque diluvienne avait déjà modifié complètement les conditions : de puissants fleuves, qui en plusieurs endroits avaient totalement changé leur cours pour des causes géotectoniques, amenèrent les dépôts de sable et de cailloux que l'on y trouve aujourd'hui et qui recouvrent les couches d'argile.

Le sable diluvial est ici stratifié en croix, comme se présentent en général les dépôts fluviaux. Partout les grains de sable et les cailloux, de même que les galets de plus grande taille, sont polis et arrondis, aspect qu'on chercherait vainement dans les véritables dépôts glaciaires. La plus grande pierre de granit se trouve dans le parc de Hlucin même ; elle n'a pas tout à fait deux mètres de longueur sur trois quarts de mètre de largeur et de hauteur et n'offre pas du tout de stries glaciaires ; les granits près de Hat-Vrésina et dans la forêt entre Vrésina et Pist sont beaucoup plus petits. On trouve cette sorte de morceaux de granit rouge dans la couche supérieure de sable du fleuve diluvien. Les granits sont à la vérité rouges, mais il n'est pas du tout dit qu'ils aient leur origine en Suède, car on trouve aussi du granit

rouge en Bohême et en Moravie et certainement aussi en Silésie.

Également dans la couche supérieure du sable diluvial, on trouve çà et là des morceaux de pétrosilex cornés, des silex à briquet et des lydites et des calcédoines claires, analogues aux agates et aux cornalines. J'ai trouvé dans les silex

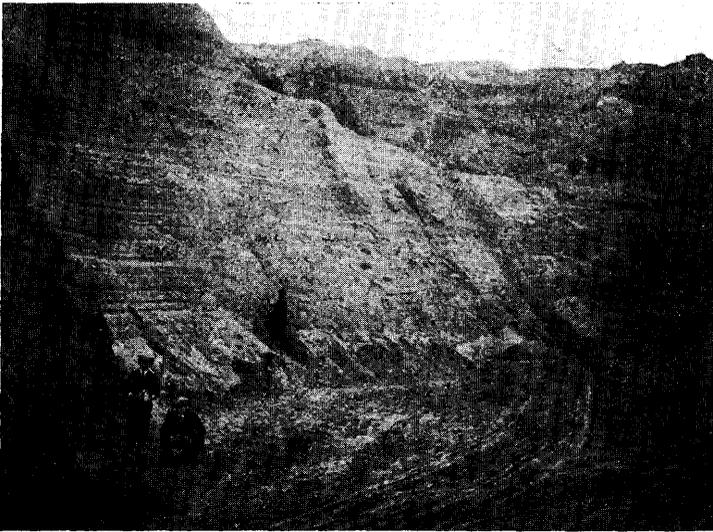


Une partie de la carrière de Jiselovic. Les couches droites sont formées de schistes, les couches courbées de « grauwackes ». Au bord sud du fossé.

des vestiges très beaux et parfaitement nets de la faune maritime fossile, j'en ai trouvé également dans l'argile miocène locale (j'ai l'intention de rédiger sur ceux-ci un mémoire spécial). Çà et là, dans les champs, on trouve aussi des restes des outils de l'âge de pierre (aiguilles, marteaux, perçoirs de silex). L'industrie des hommes à ses débuts a employé et rassemblé ici ces matériaux. Ils ont pu être importés de loin dans notre contrée.

Le massif VIII est recouvert à la surface, au-dessous de la couche de terre arable, de sable diluvial et de cailloux d'al-

luvion. A Hlucin même, cette couche atteint 20 mètres. La roche fondamentale se montre à environ 1^m5 sous la surface et a une couleur de rouille, comme par exemple à Prague même.



Couches de sable maritime tertiaire près de Petrkovice (environ 20 cm. d'épaisseur). Le sable fin est placé horizontalement en couches parallèles. Il n'y a pas trace de moraine. Ce sable couvre ici de grandes étendues, où on peut le voir à la surface (Petrkovice, Ludgerovice, Vresina, etc.) Les jeunes gens tiennent en main des fragments de granite qui sont tombés des couches diluviales supérieures (hauteur 7 mètres).

Sous la couche de sable se trouve la couche d'argile, qui, en certains endroits, atteint une épaisseur de plusieurs mètres. Elle appartient à l'époque tertiaire ; on y trouve une riche faune maritime fossile.

Tous ces faits prouvent que, dans cette région, s'étendait une mer à l'époque tertiaire, et même encore à l'époque diluvienne. A la fin de l'époque diluvienne, de puissants courants d'eau prirent ici naissance, qui en se retirant abandonnèrent les dépôts de sable et d'alluvions à couches croisées. On constate la présence en quantités énormes de galets polis

et arrondis au milieu des grains ronds du sable et des cailloux alluvionnaires. Les galets sont généralement constitués par du quartz d'une couleur blanc sale, ainsi que par quelques lydites, silex à briquet, silex cornés, agates, cornalines et analogues.

Mais la couche inférieure de sable est absolument semblable à celle que l'on trouve aux environs de Prague, par exemple à la Montagne Blanche, avec la seule différence qu'à la Montagne Blanche cette couche de sable est superposée aux couches de craie et qu'aux environs de Hlucin elle surmonte l'argile miocène.

Au moment du tremblement de terre (12 avril 1931), on a entendu en plusieurs endroits de très fortes détonations (près de la gare Dehylov-Hlucin, près de Kozmice, Dolni Benesov, Zabreh, Haj, Slavkov, Strahovice, Lhota, Krnov, Bolaticce, Neplachovice, Zadky).

Aux endroits où l'on avait entendu les plus forts coups, il s'est formé de nouvelles crevasses dans l'écorce terrestre ; là où on a entendu de profonds grondements, c'est à une plus grande profondeur que ces crevasses se sont produites ; là où l'on a entendu un grondement de tonnerre, il s'agissait vraisemblablement de mouvements en bloc des massifs souterrains ; enfin, là où l'on a entendu un bruit semblable à celui d'une colonne d'automobiles en marche ou d'un train passant sur un pont de fer, il s'agissait sans doute de formation de nouvelles crevasses et de mouvements concomitants des massifs.

Les endroits où ont été entendues les détonations sont marqués d'une croix (+).

BIBLIOGRAPHIE

Bulletin sismique, Institut géophysique national tchécoslovaque. Praha, 1928.

Professeur Em. Michal, *Uebersicht der Erderschütterungen im tschechischen Massiv*.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
ÉTUDE SÉISMOLOGIQUE DU CHILI, PAR JULIO BUSTOS NAVARRETE, DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DEL SALTO (SANTIAGO).	3
I Les foyers séismiques du Chili.	3
II. Les crises séismiques.	4
III. Les processus séismotectoniques.	6
IV. Histoire séismique du Chili	7
V. Monographies séismiques.	13
Le tremblement de terre de Valparaiso du 16 août 1906	16
Le tremblement de terre de Copiapo du 10 novembre 1922	18
Le tremblement de terre de Santiago du 14 avril 1927	20
Le tremblement de terre de Talca du 1 ^{er} décembre 1928	22
VI. Répartition de la fréquence séismique	27
Études complémentaires :	
Relation entre les tremblements de terre et les changements de temps.	30
Sur une relation possible entre les phénomènes séismiques et les perturbations magnétiques et solaires	32
Sur une relation possible entre les éruptions volcaniques et les phénomènes séismiques	35
Sur une relation possible entre l'intensité des phénomènes séismiques et la constitution géologique de l'écorce terrestre	37
Conclusion.	39

MIGRATION DES ÉPICENTRES ; MÉTHODE D'ÉTUDE. APPLICATION A LA RÉGION DU CHILI DANS LES ANNÉES 1913 A 1930,

	Pages
PAR E. ROTHÉ, DIRECTEUR DU BUREAU CENTRAL INTERNATIONAL DE SÉISMOLOGIE	41
Liste des séismes compris entre les parallèles 10° à 60° S et les méridiens 60° à 80° W.	43
Liste des séismes compris entre les parallèles 10° à 30° N et les méridiens 60° à 80° W.	60
Séismes de la région antipode du Chili.	66
Figures :	
Graphiques, mailles séismiques (hors-texte)	56
Séismes de la maille 65 (Chine, provinces du Kan-Sou et du Se-Tchouen).	71
 LES TREMBLEMENTS DE TERRE DANS LA RÉGION FRONTIÈRE SILÉSIE-MORAVIE, PAR LE PROFESSEUR DR JOSEF SPACEK.	
Tableau synoptique des tremblements de terre à la frontière Silésie-Moravie.	74
Intensité des secousses.	76
Tableau synoptique des massifs et des failles séismiques.	77
Faits géotectoniques.	78
Origine, cause et fréquence des tremblements de terre dans la région considérée.	80
Remarques relatives à la carte séismique.	82
Bibliographie.	84
Figures :	
Une partie du fossé d'effondrement, entre Hlucin et Dehylov, au pied du vignoble (Dinnéhory) A sur le bord sud du fossé	81
Carrière près de Jiselovic dans les couches de culm, au bord du fossé d'effondrement II.	82
Carrière entre Ludgerovice et Petrkovice, au bord d'un fossé d'effondrement, etc.	83
Carte séismique de la Silésie.	85
Couches typiques au bord du fossé I, entre Koblov et Petrkovice, au confluent du fleuve Odra	86
Une partie de la carrière de Jiselovic, etc.	88
Couches de sable maritime tertiaire près de Petrkovice, etc.	89