

LES ANDES MÉRIDIONALES SISMIQUES

PAR

F. de MONTESSUS de BALLORE (1)

PLANCHE I

PRÉAMBULE

Feu le docteur von Dessauer a profité de son séjour à Valparaiso, de 1872 à 1879, non seulement pour y noter les tremblements de terre ressentis, mais aussi pour accumuler tous les renseignements et les documents qu'il put se procurer sur ceux du passé, au moyen d'études patiemment dirigées dans ce sens. Ses notes viennent d'être publiées par le docteur Friedrich Goll, de Munich (2), qui y a ajouté le résultat de ses propres réflexions et a bien voulu me communiquer un résumé des longues observations du collègue allemand de Copiapo, en particulier de celles du docteur Langenstein, jusqu'à 1902. Grâce à ce catalogue considérable et malgré bien des lacunes et des différences quant aux longueurs de périodes d'observations pour les diverses villes du Chili, on peut dire maintenant que ce pays, si éprouvé par les tremblements de terre, possède là une histoire sismique de haute valeur et permettant de se faire de la répartition de l'instabilité à sa surface une idée aussi approchée que pour tout autre où n'existe pas de réseau d'observations systématiques.

Dès lors, et comme il faudra attendre un très long laps de temps pour qu'on puisse utiliser le résultat d'observations de ce genre, si tant est même que son établissement soit prochain, il était tout indiqué de

(1) Mémoire présenté à la séance du 17 février 1904.

(2) *Die Erdbeben Chiles. Ein Verzeichniss der Erdbeben und Vulkanausbrüche in Chile bis zum Ende des Jahres 1879, nebst allgemeinen Bemerkungen zu diesen Erdbeben.* (MÜNCHENER GEOGRAPHISCHE STUDIEN. Vierzehntes Stück, 1903.)

profiter de la publication du beau mémoire de Goll pour faire un pas de plus vers la connaissance de la répartition de l'instabilité dans les Andes méridionales en en refaisant la carte sismique, carte qui faisait partie de mon travail de 1898 : *L'Amérique centrale et l'Amérique du Sud sismiques* (1), basé sur des documents beaucoup moins considérables. Cette méthode d'approximations successives permettra de se faire une idée de plus en plus précise et exacte des conditions dans lesquelles se présentent les tremblements de terre de ces pays, et l'on pourra profiter des nouvelles connaissances acquises pour rechercher, au moins d'une façon générale, l'influence des accidents géographiques et géologiques principaux sur la production de ces phénomènes, laissant aux savants locaux le soin d'entrer davantage dans le détail.

La province la plus méridionale du Pérou, celle d'Arequipa, ne saurait, sismiquement parlant, être séparée de la plus septentrionale du Chili, celle d'Arica. Aussi les territoires étudiés s'étendent-ils, sans interruption, sur l'étroit flanc occidental des Andes, entre les 16° et 56° parallèles, soit sur l'énorme développement de quelque 4,000 kilomètres de côtes. Cette immense bande, dont la largeur maxima ne dépasse pas 290 kilomètres à hauteur du tropique et oscille partout ailleurs entre 150 et 80 kilomètres et même moins, surtout au Sud, présente, comme il est facile de le concevoir, des différences considérables quant à son instabilité sismique, et ce sont ces différences qui ont principalement servi, concurremment avec certains accidents géographiques, à établir sept régions sismiques distinctes, en observant toutefois que si les deux premières n'en font en réalité qu'une seule, elles ont été cependant séparées, parce qu'elles appartiennent à des puissances différentes et que la première n'a pas été l'objet des recherches de von Dessauer ni de Goll.

D'une façon générale, ces sous-divisions, ou régions sismiques, sont dénommées au moyen de leurs principaux centres d'instabilité, tels qu'ils résultent des observations consignées dans les catalogues actuels. Il se trouve aussi que le plus souvent ce sont en même temps les principales villes qui s'y rencontrent. Cela ne veut pas dire que par un hasard étrange ces villes soient précisément les points les plus instables, mais uniquement que c'est là que se sont faites les observations utilisées, parce que là seulement se sont trouvées, à diverses époques, des personnes curieuses des phénomènes naturels, en particulier des tremblements de terre, et s'étant appliquées à les recueillir soigneusement

(1) *Memorias de la Sociedad científica Antonio Alzate*, t. XI, Mexico.

pendant des périodes plus ou moins longues. Mais la physionomie générale de la carte sismique n'en doit point pour cela être considérée comme sensiblement altérée, parce que, les tremblements de terre n'affectant, en général, qu'une aire terrestre très restreinte, l'erreur ainsi commise sur la position de l'épicentre n'empêchera pas de rechercher ultérieurement par une étude locale l'accident géologique auquel on doit les attribuer. En un mot, si un grand nombre de sismes ont été enregistrés en quelqu'une de ces villes, chefs-lieux de département, on peut être certain que la cause originelle en est très rapprochée, du moins pour un pour cent très élevé d'entre eux. Par contre, dans les intervalles entre ces grands centres d'instabilité peuvent s'en trouver d'autres équivalents, mais qui se décèlent non plus comme les précédents par le nombre des secousses enregistrées, mais simplement par le souvenir des catastrophes y ayant eu leur épicentre, car on sait qu'en général, et sauf de rares exceptions, tout point sujet à des tremblements de terre violents est en même temps caractérisé par une haute fréquence sismique. Que par hasard séjourne en un de ces points un homme de science, comme cela s'est présenté quelquefois, et l'on sera, au bout de quelques années, fixé sur la valeur de cette fréquence normale. C'est, par exemple, ce qui s'est passé pour Illapel à la suite d'un séjour, trop court encore cependant, du géologue Gay vers 1835.

De tout cela résulte que la carte sismique du Chili, telle qu'elle est donnée à la fin de ce travail, peut être regardée comme une représentation très rapprochée de la réalité, du moins tant qu'un réseau d'observations systématiques n'aura pas permis de serrer le problème de plus près.

En raison d'une tradition scientifique généralement fautive, et qui l'est nettement ici en particulier, à savoir la dépendance ou le parallélisme des phénomènes sismiques et volcaniques, on s'est servi pour localiser ceux-ci de la carte et du travail de Stübel (1) sur les volcans de l'Amérique du Sud, et c'est en suivant sa nomenclature qu'on a distingué sur la carte les montagnes ignivomes qui ont été actives pendant le XIX^e siècle. On remarquera à cet égard que l'on n'a point tenu compte du catalogue de Goll pour les phénomènes volcaniques. En effet, les volcans des Andes méridionales sont situés loin des côtes dans la Cordillère; leurs noms sont souvent sujets à confusion, et beaucoup

(1) *Ueber die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren und der sie kennzeichnenden Vulkanberge in Süd-America* (Dr A. PETERMANN'S GEOGRAPHISCHE MITTHEILUNGEN, t. XLVIII, 1902).

d'observations relatives aux phénomènes d'activité qu'ils auraient montrés sont très sujettes à caution. Cela n'a d'ailleurs pas d'importance ici, car il ne s'agit point d'une étude sur les phénomènes volcaniques, mais seulement d'une vue d'ensemble sur la coïncidence ou la non-coïncidence des régions sismiques et volcaniques.

Cent vingt épicentres ont donné lieu aux 8 027 sismes utilisés. On a aussi 28 tremblements sous-marins qui ne paraissent pas avoir été en même temps enregistrés sur la terre ferme, et l'on s'est servi pour leur révision du mémoire classique de E. Rudolph : *Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen* (1).

Les observations faites jusqu'à présent font monter à 162 la fréquence annuelle sismique totale des territoires étudiés. C'est une valeur très notablement au-dessous de la réalité; dans quelle proportion, il serait imprudent de se prononcer.

Nous allons d'abord passer successivement en revue les sept régions sismiques établies.

RÉGION I. — Arequipa et Moquegua.

9 épicentres et 1062 sismes.

La région s'étend de la Punta de Atico (16° S.) à la frontière chilopéruvienne.

La fréquence sismique annuelle est assez bien connue, car elle résulte d'une série consécutive de trente-cinq années d'observations. Elle monte à vingt-cinq. Si l'on tient compte de ce fait que Caraveli et Moquegua ont à leur passif à peu près autant de désastres qu'Arequipa, il ne sera pas téméraire d'en conclure que cette région doit bien ressentir quelque 75 sismes annuels en régime normal. Quoi qu'il en soit, elle est assurément très instable et exposée partout. Elle correspond à un très haut relief de la chaîne des Andes, à une grande étroitesse de la bande entre la crête et le littoral, c'est-à-dire à une pente énorme de 60 ‰ environ, qui se prolonge presque équivalente jusqu'à l'isobathe de 4 000 mètres, qui suit la côte à une distance n'excédant pas 100 kilomètres, du même ordre par conséquent que la largeur même de la portion en terre ferme. A hauteur de Caraveli, la valeur absolue du relief s'accroît encore considérablement par la présence de la fosse dite de Krümmel.

(1) *Beiträge zur Geophysik*, t. I, II, III. Leipzig.

En résumé, on a ici une région extrêmement instable, coïncidant avec un très fort relief et à pente considérable.

La chaîne volcanique n'accompagne la crête des Andes qu'en face des centres sismiques d'Arequipa et de Moquegua, non de celui de Caraveli, probablement aussi important. Il est à noter que vers le Nord-Ouest de Caraveli, l'allure de la chaîne change et que précisément l'instabilité sismique disparaît dans cette direction pour ne renaître qu'à Ica et à Pisco.

RÉGION II. — Arica, Tarapaca et Iquique.

12 épïcêtres et 1 224 sismes.

La région s'étend jusqu'au Rio Loa, qui lui fait une limite naturelle.

Sept années seulement d'observations donnent une fréquence annuelle de 26 pour les deux villes de Tacna et d'Arica ensemble, tandis que six autres donneraient 17 pour cette dernière seule, c'est-à-dire que Tacna ne compterait que pour 9, à peu près la moitié. Ce résultat doit-il être considéré comme définitif? La question est délicate, les périodes d'observations suivies étant bien courtes et comprenant les années 1862 et 1868, signalées par des tremblements de terre destructeurs, partant accompagnées de nombreuses secousses prémonitoires et consécutives masquant le régime normal. Mais, d'autre part, les deux villes voisines de Tacna et d'Arica se trouvent dans des conditions géographiques, pente et relief, tout à fait semblables à celles d'Arequipa. Si donc ces conditions jouent, comme nous le pensons, un rôle de premier ordre dans le développement de l'instabilité sismique, non par elles-mêmes, mais bien par les dislocations qui les accompagnent et la persistance des efforts tectoniques auxquels elles doivent naissance, il devient évident que cette égalité entre les fréquences moyennes annuelles, 26 et 25 respectivement, a sa raison d'être, et que la seconde ayant un haut degré de probabilité, la première acquiert par cela même une grande vraisemblance.

En dépit du manque d'observations suivies, on est, semble-t-il, en droit d'admettre que les villes échelonnées le long du littoral, Pisagua, Iquique et Pabellon de Pica, ont des fréquences du même ordre de grandeur qu'Arica. Huanillos est dans le même cas, mais le fait est moins certain. Quoi qu'il en soit, cette déduction résulte, non des nombreux sismes relatés et qui ne sont que des chocs prémonitoires et surtout consécutifs aux grands tremblements, mais bien plutôt de ce

que ces villes ont toutes eu leurs catastrophes propres, indice très général d'une haute fréquence normale. Toute la côte de la région a donc une forte sismicité.

Il est très remarquable qu'en outre du voisinage de l'isobathe de 4,000 mètres, tout le littoral de la région correspond exactement à l'abîme dit de Bartholomew, allongé du Nord au Sud, et dont la limite méridionale se trouve précisément à peu près à la même latitude que la diminution de pente terrestre observée à la Sierra de Huatacondo, alors que la chaîne des Andes, perdant son caractère de rempart abrupt, se transforme à hauteur des déserts de Tamarugal et d'Antofagasta en une série d'escaliers gigantesques en s'infléchissant vers le Sud-Est et en s'élargissant de l'Ouest à l'Est.

On a vu plus haut que Tacna est vraisemblablement beaucoup plus stable qu'Arica, — cela résulte d'observations simultanées, — et comme il en est de même pour Tarapaca par rapport à son port d'Iquique et pour la pampa de Tamarugal relativement à Pabellon de Pica et Huanillos, il en résulte qu'ici l'activité sismique est à peu près restreinte au littoral. Cette déduction paraît corroborée par le fait que l'angle rentrant de la crête andine et du littoral du Pacifique est assez riche en observations de sismes sous-marins non signalés à terre. On serait ainsi dans un cas tout à fait analogue à celui de la côte occidentale du Japon, bordée elle aussi par des abîmes extrêmement profonds. Bref, les tremblements de terre des deux premières régions apparaissent pour la plupart comme d'origine sous-marine. Malheureusement, ce n'est encore assurément qu'une hypothèse, et si plausible soit-elle, on ne saurait nier qu'il lui manque la sanction de l'observation. Aux sismologues du Pérou et du Chili de tracer dans l'avenir les isosistes limites d'un assez grand nombre de tremblements de terre à surface d'ébranlement notable et de voir si ces courbes ne font que mordre la terre ferme, comme le fait a été définitivement démontré pour les sismes de la côte occidentale du Nippon, au droit de la fosse de Tuscarora, représentée ici par celles de Krümmel et de Bartholomew. Il n'est pas douteux que la Cordillère ne soit un sérieux obstacle à la propagation des secousses en Bolivie, et seuls les grands sismes la franchissent; mais cette circonstance ne suffirait point à elle seule, comme le pense Goll, à expliquer l'allure aplatie des isosistes. Il y a, au contraire, lieu de penser que cet aplatissement, uniquement dû à l'éloignement de l'épicentre en mer, ne se restreint pas aux isosistes extrêmes et extérieurs, comme cela se présente pour ceux du bassin de la Haute Koura contre le rempart du Caucase. Quoi qu'il en soit, c'est la question fondamen-

taïe qu'auront à résoudre les sismologues de ces pays et qui se pose aussi pour plusieurs des régions suivantes.

Il est très digne d'attention que de Caraveli à Pabellon de Pica, c'est-à-dire sur quelque 300 kilomètres de part et d'autre d'Arica, sommet de l'angle rentrant de la Cordillère et du littoral qui lui est parallèle, la sismicité ne change pour ainsi dire pas de valeur. Ce résultat est tout à fait conforme à ce fait que dans leur changement de direction, les Andes ne subissent aucune perturbation dans leur allure générale, ni aucune dislocation spéciale, jusqu'à la Sierra d'Huatacondo, où la chaîne s'élargit et se stabilise nettement. La sismicité des deux premières régions est donc très intimement liée à l'énorme relief andin et à sa pente depuis la crête jusqu'à l'isobathe de 4 000 mètres et au fond des fosses sous-marines de Krümmel et de Bartholomew, ou plutôt aux dislocations longitudinales qui ont donné lieu à la surrection de la Cordillère. On est d'autant plus fondé à soutenir cette déduction que l'on a vu l'instabilité plus grande sur la côte qu'à l'intérieur, et en particulier Tacna serait plus instable qu'Arica, si une dislocation importante correspondait au changement de direction des Andes, ce qui n'est point.

D'un bout à l'autre de la crête andine, correspondant à cette seconde région, se succèdent assez régulièrement au moins quinze volcans, dont aucun n'a été authentiquement actif au XIX^e siècle, d'après Stübel tout au moins.

RÉGION III. — Antofagasta.

7 épicentres et 85 sismes.

La région est comprise entre les rios Loa et Salado et s'étend sur le désert du même nom et sur les parties respectivement méridionale et septentrionale de ceux de Tamarugal et d'Atacama.

Les avis sont très partagés sur la question de savoir si cette région est stable ou instable, son état désertique et peu habité ayant jusqu'à présent empêché d'y faire des observations sérieuses et suivies. Cependant le caractère nettement local des sismes qu'on y a relatés, même quand ils étaient violents comme à Calama, donne presque le droit de penser que la fréquence sismique y doit être faible. Cela est d'autant plus probable que d'après tout ce que l'on sait de la façon dont se répartit habituellement l'instabilité au regard du relief, ce serait une conséquence tant de l'élargissement de la bande littorale et de la diminution résultante de la pente que du fait que la partie septentrionale

et plus grande de la région correspond à l'intervalle entre les fosses de Bartholomew et de Richards. Mais la question reste cependant à résoudre, malgré la probabilité qu'il y ait de voir se confirmer la stabilité de la région. Le Morro de Mejillones, qui dresse en deux promontoires opposés ses flancs abrupts, semble un accident sur lequel doivent se porter les recherches des sismologues.

La série des volcans suit l'échelon le plus élevé et oriental de la Cordillère, et en présente au moins un dont l'activité au XIX^e siècle n'est pas douteuse. Elle finit précisément avec la région.

RÉGION IV. — Atacama, Copiapo et Coquimbo.

22 épacentres et 2324 sismes.

La région s'étend au Sud jusqu'au Rio Choapa.

Quarante-deux années d'observations suivies rendent très probable une fréquence annuelle de trente-deux sismes à Copiapo, tandis que douze seulement en feraient attribuer une plus forte de trente-huit à Coquimbo. Mais comme pour cette dernière ville on a tenu compte de l'année 1847, anormale à cause des chocs consécutifs à un grand sisme, on est en droit d'admettre une fréquence de même ordre de grandeur pour l'un et l'autre point. Illapel ne doit pas être beaucoup plus stable, conclusion qu'il faut peut-être étendre aussi à Vallenar et à ses alentours. Ces quatre localités ont à plusieurs reprises souffert de désastres considérables. Quoi qu'il en soit, cette région est extrêmement instable sur tout son développement.

Les conditions de relief terrestre sont à peu près les mêmes que pour les deux premières régions, mais comme sa partie Nord correspond seule à un abîme sous-marin, celui de Richards, que d'autre part l'isobathe de 4 000 mètres s'éloigne beaucoup du littoral en atteignant son maximum d'élongation sur le 28^e parallèle, et qu'enfin les sismes sous-marins et surtout les vagues sismiques ont donné lieu à un moindre nombre d'observations que pour les deux premières régions, on trouve là un ensemble de constatations concourant à faire penser que les dislocations terrestres jouent ici un rôle sismogénique prédominant par rapport aux circonstances du relief sous-marin. Mais ce sont là déductions à faire confirmer par le tracé de l'isosiste limite d'un grand nombre de sismes.

Dans beaucoup de régions instables du globe, les phénomènes sismiques paraissent en relation intime avec les phénomènes de

plissements, autrement dit, ils sont un effet atténué des efforts tectoniques qui leur ont donné naissance. On peut suggérer qu'il en est peut-être de même à Copiapo et à Coquimbo ; en tous cas, une telle supposition, à laquelle manque d'ailleurs, il faut bien le dire, le contrôle de l'observation et d'une plus attentive étude locale, n'a rien qui doive choquer. En effet, d'après de Lapparent, la coupe à hauteur de Copiapo du versant occidental de la Cordillère montre une sorte de grand synclinal jurassique ou néocomien entre la crête des Andes et la bande granitique côtière, contre laquelle se développent dans le Sud des chaînes sédimentaires très plissées, d'aspect archéen, mais qui pourraient bien n'être que du Crétacé supérieur métamorphique. Si ces faits étaient confirmés, on aurait là une région dont le plissement relativement récent se continuerait peut-être encore sous forme de sismes.

Cette région correspond à un vide complet de la série volcanique.

RÉGION V. — Valparaiso, Santiago, Talcahuano et Concepción.

51 épicentres et 3 216 sismes.

La région s'étend au Sud jusqu'au Rio Biobio.

La répartition de l'instabilité sismique y est connue d'une façon très satisfaisante par suite de l'existence de villes importantes et cultivées, qui ont donné lieu à d'excellentes séries d'observations, parce que c'est là depuis des siècles le centre politique et intellectuel du Chili.

Le relief change ici une fois encore complètement de caractère. En effet, au lieu de s'abaisser brusquement sur l'océan en compliquant ses pentes par des contreforts transversaux comme dans la région précédente par exemple, ou en se disposant comme dans la troisième en escaliers gigantesques, la Cordillère s'abaisse brusquement, non jusqu'au littoral, mais jusqu'au fond d'une grande dépression longitudinale, séparée de l'océan par une série de hauteurs secondaires, assez souvent et complètement interrompues par de vastes plaines. Cette dépression, marquée par les ensellements des contreforts, est l'accident le plus considérable du Chili central. Elle se prolonge loin au Sud, comme on le verra plus loin.

L'activité sismique atteint son maximum à hauteur de Valparaiso et de Santiago, villes dont les fréquences sismiques annuelles, peu différentes, sont respectivement 20 et 18. Si l'on considère tout d'abord Santiago et ses environs tant au Nord qu'au Sud dans la direction de la

dépression longitudinale, on devra en attribuer la sismicité élevée à la pente et aux reliefs énormes de la Cordillère, toujours dans le sens figuré de cette expression, mais non à la présence de la dépression, opinion cependant soutenue par plusieurs observateurs, parce que l'instabilité va s'affaiblissant beaucoup le long de cet accident, tant dans la moitié Sud de cette cinquième région que dans la moitié Nord de la sixième et suivante, puis s'évanouissant même complètement dans la moitié Sud de cette dernière. On ne voit pas, en effet, la raison de ces différences dans l'effet sismogénique de cet accident, alors que son allure reste constante tout le long de son développement considérable.

Quant à ce qui concerne Valparaiso et le littoral avoisinant, la disposition du relief sous-marin semble bien suffire à rendre compte de l'intensité et de la fréquence de ces sismes dans ces parages. Non seulement, en effet, la profonde fosse d'Hœckel correspond exactement à cette partie du littoral, mais encore la courbe bathymétrique de 4 000 mètres, qui s'était tant enfoncée dans l'océan à partir du 28^e parallèle, s'en rapproche graduellement pour toucher la côte à Valparaiso même, ce qu'elle ne fait nulle part ailleurs. Elle quitte ensuite définitivement le littoral pour s'éloigner dans l'Ouest de 2 000 à 2 500 kilomètres. Ces conditions, la fréquence des vagues sismiques dans ces parages et une nouvelle recrudescence dans le nombre des sismes sous-marins donnent donc à penser que ce relief sous-marin joue là un rôle sismogénique considérable. Santiago et Valparaiso ont leurs sismes propres, cela résulte nettement d'observations simultanées.

En résumé, la sismicité de Santiago et de Valparaiso serait la conséquence des conditions respectives de relief de la grande Cordillère jusqu'au fond de la dépression longitudinale pour la première de ces villes, de la crête de la Cordillère côtière au fond des abîmes océaniques pour la seconde.

Le régime sismique normal du reste de la région, au Sud de Talca tout au moins, correspond à une fréquence annuelle relativement faible de trois ou quatre sismes seulement. Ce n'est pas que les catastrophes y soient inconnues, comme l'ont appris à leurs dépens Penco, Concepción et Talcahuano. Mais les sismes prennent là un caractère paroxysmal tout à fait exceptionnel, les crises étant séparées par des intervalles de repos presque absolu. C'est ainsi que si de 1835 à 1839 Vermoulin a pu observer 1 200 secousses à Concepción, consécutives au grand tremblement de terre du 20 février 1835, pareille circonstance ne s'est plus jamais reproduite.

La série de plis que Wechsli et Burckhardt ont signalée dans la Cor-

dillère vers le 33° parallèle, c'est-à-dire à hauteur de Talca, ne peut être rendue responsable des sismes du Sud de la région de Santiago, puisque c'est précisément à partir de là que l'activité sismique commence à décroître beaucoup. D'ailleurs, il doit en être ainsi, parce que ces plis affectent surtout le Jurassique et très peu le Crétacé, indice que les efforts tectoniques de plissement sont probablement éteints et ne se perpétuent plus à l'époque actuelle sous forme de sismes. Ces plissements se seraient donc éteints plus anciennement que ceux de la région précédente.

La série volcanique, avec ses pics actifs ou éteints, recommence à peu près à hauteur du Nord de la région après la grande interruption signalée plus haut, de sorte qu'elle correspond aux deux parties instable et stable, respectivement septentrionale et méridionale de la région.

RÉGION VI. — Valdivia, Puerto Montt et presqu'île de Taitao.

17 épicentres et 117 sismes.

Cette région s'étend au Sud jusqu'au 47° parallèle pour se terminer à la presqu'île de Taitao, comprenant ainsi la terre ferme jusqu'à Puerto Montt et au canal de Chacao, et aussi l'île de Chiloe, les archipels des Guaytecas et des Chonos, et enfin la presqu'île en question. Sismiquement parlant, au moins dans l'état des connaissances actuelles, on n'aurait pas dû dépasser Puerto Montt et le canal de Chacao. Si on a autant prolongé la région vers le Sud, c'est qu'on a voulu la faire correspondre à l'entier développement de la dépression longitudinale du Chili, même à sa partie submergée dans les golfes d'Ancud et de Corcovado, entre Chiloe et le continent, dans le canal de Moraleda, entre lui et l'archipel des Chonos, et enfin dans le lac San-Rafael de l'isthme d'Ofqui. La présence de cet énorme trait géographique justifie ainsi la prolongation de la région vers le Sud jusqu'au 42° parallèle.

Cette région ne présente pas une haute fréquence sismique. Quoique Valdivia n'ait pas échappé à des désastres d'importance, ce sont phénomènes rares et anormaux, puisqu'en moyenne les dix-neuf années d'observations d'Andwanter ne lui ont fourni que trois sismes par an. Cette ville se trouve donc dans des conditions sismiques analogues à celles de Concepción. Puerto Montt et le reste de la région ne paraissent pas être plus souvent ébranlés que Valdivia.

Cette assez grande stabilité de la sixième région coïncide avec une diminution considérable de l'altitude des Andes et en même temps avec la disparition des grands fonds, deux circonstances caractérisant — la première à degré moindre cependant — la moitié méridionale de la cinquième région, et dont la sismicité subit aussi depuis Talca un affaiblissement très grand par rapport à celle de Santiago. Cela confirme l'importance fondamentale des conditions de relief. Comme d'ailleurs la dépression longitudinale coïncide successivement du Nord au Sud à des territoires très instables autour de Santiago, moyennement instables jusqu'à Talca, assez stables jusqu'à Puerto Montt et jusqu'à sa terminaison à l'isthme d'Ofqui avec des régions d'une stabilité presque absolue, il faut décidément, et en dépit des affirmations contraires, dénier toute influence sismogénique à cet élément si caractéristique de la géographie du Chili central. C'est à cause de ces affirmations que l'on a tenu à mettre bien en relief une erreur généralement partagée. On dira peut-être que les terres et les îles avoisinant la partie submergée de la dépression au Sud de Puerto Montt sont colonisées depuis trop peu de temps, et faiblement encore, pour que l'on puisse de façon certaine affirmer leur stabilité complète. Assurément, mais on est certain que la fréquence annuelle moyenne n'y dépasse pas celle de Valdivia, de sorte qu'en tout état de cause la conclusion reste valable.

Les deux parties peu instables et très stables de la région de part et d'autre de Puerto Montt correspondent à la continuation ininterrompue de la série volcanique en plusieurs points très active et dont les derniers cônes finissent à hauteur de l'extrémité Sud de Chiloe.

RÉGION VII. — Territoires Magellaniques.

2 épïcêtres et 2 sismes.

La stabilité absolue des Territoires Magellaniques présente un très haut degré de probabilité, encore qu'il n'y ait guère été fait d'observations qu'à Punta Arenas, où de longues séries météorologiques, instituées depuis sa fondation en 1842, n'ont eu jusqu'à présent qu'un seul sisme à enregistrer. Cette stabilité coïncide avec le grand abaissement de la Cordillère et avec le relèvement des fonds sous-marins jusqu'à une très grande distance. Là, comme presque toujours, les fjords correspondent à la rareté des tremblements de terre.

La série volcanique se réduit ici à quelques cônes mal connus encore, mais à coup sûr très peu nombreux et isolés les uns des autres.

RÉGION VIII. — Le Pacifique Sud-américain entre les 16° et 56° parallèles.

D'assez nombreux sismes sous-marins, indépendants de ceux de la terre ferme, ont été observés dans toute cette partie du Pacifique. Il n'en résulte malheureusement pas que l'on puisse en étudier la répartition, comme cela est à peu près possible pour la partie moyenne de l'Atlantique. Il ne serait pas étonnant que des observations ultérieures vinsent déceler dans les parages des îles San Ambrosio et San Felix (ou Desventuradas), et surtout Juan Fernandez, quelque région sismique sous-marine, placée ainsi au bord de la branche remontante de l'isobathe de 4 000 mètres et correspondant exactement à celle de Daussy et du rocher Saint-Paul de l'Atlantique équatorial. Rien ne manquerait même à ce rapprochement, car il semble bien que dans ces parages aussi se soient à plusieurs reprises manifestés des phénomènes volcaniques sous-marins. Ce seraient l'une et l'autre des régions sismiques et volcaniques. Il serait donc très important que le Gouvernement chilien instituât des observations météorologiques et sismiques dans ces îles.

Conclusions générales.

Tant qu'une organisation systématique d'observations sismologiques n'aura pas été instituée au Chili et fonctionné un assez grand nombre d'années, on ne pourra espérer aller beaucoup plus loin qu'on ne l'a fait précédemment dans la connaissance de la répartition de l'instabilité sismique dans les Andes méridionales. Ce n'est pas que les faits connus soient insuffisants quant au nombre, mais c'est surtout parce que l'on est peu fixé sur la sismicité propre du talus sous-marin compris entre la côte et l'isobathe de 4 000 mètres, et moins encore peut-être sur celle de la partie de la chaîne la plus rapprochée de la crête, les villes importantes où les observations ont pu se faire étant des ports ou se trouvant à proximité du littoral, par suite du peu de densité de la population dès qu'on s'en éloigne vers l'intérieur. Il n'y a guère d'exceptions que dans le Chili central. On a cependant vu que, selon toute vraisemblance, une grande proportion des sismes ont une origine sous-marine, autrement dit qu'ils se produisent surtout au pied du talus sous-marin ou entre la côte et l'isobathe de 4 000 mètres, ce qui tendrait à leur faire attribuer comme cause fondamentale la frac-

ture, à cause et le long de laquelle s'est effectuée lentement depuis les temps jurassiques et crétacés la surrection des Andes, marquée par une notable exacerbation à la fin de cette dernière période. Ce mouvement ne s'est pas arrêté là, mais a certainement continué pendant toute la période tertiaire.

La chaîne des Andes méridionales forme une série disloquée de paquets d'âge secondaire, dont la tranche est tournée vers l'Ouest, ce qui accentue la pente de ce côté. Ce relèvement de la bande suppose presque inévitablement l'effondrement d'une autre partie jointive de l'écorce terrestre, et cette déduction est tout à fait conforme aux récentes découvertes géologiques faites dans la République Argentine. On a, en effet, rencontré dans les Andes, entre les 32° et 39° parallèles, des conglomérats jurassiques indiquant le voisinage d'une côte et qui auraient puisé leurs éléments dans des porphyrites d'éruptions sous-marines. Les argiles et les grès du versant oriental des montagnes du Rio Grande correspondraient à des dépôts en mer plus profonde. Cela démontrerait l'existence à l'époque jurassique d'un grand golfe andin s'arrêtant au rivage oriental d'un continent Pacifique allant peut-être jusqu'à la Nouvelle-Zélande et à l'Australie occidentale, et occupant l'emplacement actuel de la chaîne des Andes. Ce continent aurait été d'un âge très reculé, du Devonien au Crétacé, puisque le Trias semble manquer dans l'Amérique méridionale et que d'autre part la flore gondwanienne à *Glossopteris* se retrouve tant au Brésil que dans la République Argentine. C'est précisément aussi cette dernière constatation qui a fait admettre, par Stelzner, Neumayer et d'autres, l'hypothèse d'un grand continent contemporain brésilien-éthiopien. Le golfe jurassique en question aurait fait place au bourrelet andin, dont l'abrupte tranche occidentale constitue les territoires chiliens étudiés ici et dont l'instabilité sismique s'explique dès lors avec la plus grande clarté, comme se trouvant immédiatement au-dessus de la fracture (l'isobathe de 4 000 mètres), le long de laquelle se serait effondré le continent Pacifique, tandis que le côté opposé du bourrelet, simplement soulevé à l'Est, s'abaisse en pentes beaucoup plus douces sur la Bolivie et la République Argentine, où l'instabilité sismique est infiniment moindre. Ces considérations expliquent aussi pourquoi les phénomènes de plissement se localisent presque exclusivement dans les Précordillères du côté oriental et argentin de la chaîne et coïncident, soit dit en passant, avec la région sismique linéaire qui s'étend de Salta et d'Oran à Mendoza et au Cerro de Nevado à la latitude de Talca, mais avec une sismicité très inférieure à celle du versant pacifique.

La surrection des Andes apparaît maintenant comme un phénomène beaucoup plus ancien qu'on ne le croyait autrefois, et Steinmann place à la fin des temps crétacés la dernière grande période de dislocation, correspondant à la sortie des andésites. Mais les dislocations, de moindre ampleur toutefois, n'ont pas cessé de se produire depuis cette époque déjà reculée. C'est ainsi que dans son étude des failles entre Talcahuano et Lebu, Noguès a relevé celles qui affectent les dépôts arénacés à lignites. Mais au Sud, on voit que les formations tertiaires de la Patagonie et des Pampas sont restées horizontales et ne participent ni au redressement de la chaîne principale, ni à celui des Sierras pam-péennes qui lui sont parallèles. Le grand mouvement de surrection semble donc s'être arrêté plus tôt dans le Sud que dans le Nord, et en tout cas il y a atteint une amplitude beaucoup moindre, comme le montrent l'abaissement notable de la Cordillère dans les Territoires Magellaniques et en même temps la disparition des grands fonds océaniques. La diminution de l'instabilité sismique à partir de Talca au moins et sa disparition complète au Sud du 42^e parallèle trouvent dans ces faits une explication des plus rationnelles.

Toutes ces considérations concordantes montrent que la grande fracture pacifique au large du littoral Sud-américain et le relèvement de la tranche d'écorce terrestre brisée le long de cet énorme accident par la formation subséquente du talus des Andes de ce côté, tandis que l'écorce cédait simplement du côté opposé en conservant une pente relativement modérée, et seulement accidentée par les plissements dus à la compression résultante, sont la raison originelle de la grande instabilité sismique du Pérou méridional et du Chili dans les territoires étudiés ici. Cette instabilité signifie-t-elle que le mouvement d'ascension continue encore actuellement et n'a pas dit son dernier mot, en se décelant de nos jours par des sismes fréquents et souvent destructeurs? Non, certes. C'est, à la rigueur, possible, comme pour l'Himalaya, si cette supposition de quelques-uns des géologues indiens se confirme, mais c'est un fait qui est encore loin d'être démontré et a perdu le plus fort argument en sa faveur depuis que Suess a réfuté magistralement que les grands tremblements de terre du commencement du XIX^e siècle eussent été, comme on le croyait jusqu'à ces dernières années, accompagnés d'un notable relèvement des côtes chiliennes.

Ce mouvement de surrection d'une des lèvres de la fracture pacifique donnant naissance à la chaîne des Andes s'est arrêté à une époque relativement récente, en atteignant une amplitude considérable,

12000 mètres au moins. Il n'a pu se produire sans laisser dans la bande littorale des traces, visibles au moins dans sa partie émergée, sous forme de dislocations qui ont introduit dans les couches des éléments permanents d'instabilité, outre que l'on doit admettre que n'ont pas encore complètement disparu les efforts auxquels ce mouvement grandiose a dû son origine. Cette énorme amplitude de 12000 mètres, dont 4000 immergés, et que la dénudation n'a pu que diminuer, est corroborée par ce fait, mis en évidence par Stelzner, que dans les hautes chaînes du bord du Pacifique, la série stratigraphique est beaucoup plus complète que dans l'intérieur et composée d'assises affectant un caractère plus pélagique. Il en résulte que les Andes correspondent maintenant à l'emplacement d'un ancien géosynclinal accusé par le golfe jurassique dont on a déjà parlé.

On trouve donc ici une analogie parfaite avec le flanc méridional de l'Himalaya, dont l'ancienneté du mouvement ascensionnel a été démontrée ces dernières années comme pour les Andes et qui est aussi instable sismiquement que le Chili pour les mêmes causes : effondrement du continent gondwanien correspondant à la disparition du continent pacifique. La seule différence serait qu'ici la grande fracture longitudinale est sous-marine, tandis que dans l'Inde elle est simplement masquée par l'énorme accumulation des alluvions de la plaine indo-gangétique. Dans l'un et l'autre cas aussi, la stabilité sismique règne du côté opposé de la chaîne par rapport à l'effondrement, au Thibet comme en Bolivie et dans la République Argentine, sauf l'exception de la zone de plissement des Précordillères orientales.

Malheureusement, ce qui manque beaucoup plus encore pour les Andes méridionales que pour l'Himalaya, c'est l'étude des causes secondes, c'est-à-dire la recherche des accidents géologiques d'ordre secondaire, dont un reste de survie des efforts tectoniques correspondants se manifeste par des tremblements de terre. On ne sait presque rien encore à cet égard, et les résultats que l'on possède relativement à quelques-uns des plus récents d'entre eux sont plutôt négatifs quant au rôle sismogénique qu'on aurait pu être porté à leur attribuer. C'est ainsi que la grande dépression longitudinale du Chili moyen, trace d'un ancien réseau fluvial parallèle à la chaîne des Andes, et les fractures transversales représentées par le morcellement des terres de Chiloe, Guaytecas et Chonos, ainsi que par les fjords du Sud et l'extrême division des Terres Magellaniques, coïncident avec une grande stabilité sismique, indice de l'extinction des efforts tectoniques correspondants.

L'hypothèse, si longtemps classique depuis Lyell, que les grands

tremblements de terre du Chili ont été à plusieurs reprises accompagnés d'un soulèvement appréciable des côtes, d'où l'on concluait à la continuation actuelle par à-coups du mouvement de surrection des Andes, doit être définitivement abandonnée, après la réfutation par Suess de tous les faits sur lesquels on l'étayait. Il était donc inutile de revenir sur une question aussi complètement traitée par le grand géologue autrichien et que tout le monde connaît depuis la publication de l'*Antlitz der Erde*. Mais il est important de dire que cela n'enlève pas le moins du monde à la formation de la chaîne des Andes le rôle sismogénique fondamental que tout tend à lui faire attribuer dans les tremblements de terre du Chili, et qui en restent une conséquence éloignée. Leur genèse en est simplement plus compliquée dans le détail, puisqu'elle dépend d'accidents géologiques secondaires à rechercher, mais n'en résultant pas moins indirectement du mouvement de surrection de la Cordillère.

Il ne reste plus maintenant qu'à dire un mot des phénomènes volcaniques. Ils se sont développés dès le milieu des temps secondaires au moins, et tant pendant le Tertiaire qu'actuellement, le théâtre de leur activité n'a guère changé. Ils accompagnent la crête de chaque côté, ne la débordant largement qu'à l'Est seulement. On a pu voir à la fin de la description sismique de chaque région le rapport entre la série des cônes récents, actifs ou non, d'une part, et l'importance des sismes dans chacune d'elles, ou même dans leurs sous-divisions d'autre part. Toutes les combinaisons possibles s'y rencontrent, depuis la coïncidence entre des régions très instables ou très stables avec des portions de crête avec ou sans montagnes ignivomes. L'indépendance complète et absolue des deux ordres de phénomènes ne saurait donc se manifester plus clairement que dans cette partie du cercle, dit de feu, du Pacifique, sans que l'on doive cesser de faire remonter la cause première des uns et des autres aux grands mouvements de l'écorce terrestre. Ici, comme en plusieurs autres régions du globe, au Caucase par exemple, l'instabilité sismique se montre au pied du bord du compartiment relevé, et l'activité volcanique à son sommet.

Aller plus loin qu'on l'a fait précédemment dans l'étude des causes des tremblements de terre des Andes méridionales serait dépasser les résultats de l'observation et risquer d'émettre des hypothèses faciles à réfuter, partant bien inutiles.

Abbeville, le 7 janvier 1904.

TABLEAUX

DES

Nombres de sismes connus par épîcentres et régions.

I. — Arequipa et Moquegua.		24. Caracoles.	22
1. Arequipa.	962	25. Cobija	12
2. Caraveli	55	26. Mejillones (del Sur)	37
3. Huayna-Putina	3	27. Taltal	1
4. Ilo.	11	28. Tocopilla.	5
5. Mollendo.	6		<hr/> 85
6. Moquegua.	12	IV. — Atacama, Copiaco, Coquimbo.	
7. Sachaca	1	29. Animas (Las)	1
8. Tiavaya	8	30. Caldera.	13
9. Ubinas	4	31. Carrizal bajo	3
	<hr/> 1 062	32. Cerro de la Cruz de Caña.	1
II. — Arica, Tarapaca, Iquique.		33. Chanarcillo.	1
10. Arica.	199	34. Chañaral	2
11. Huanillos.	1	35. Chañaral	9
12. Iquique	405	36. Copiapo	1,478
13. Isluga	3	37. Coquimbo	464
14. Mejillones (del Norte)	1	38. Faro de la punta de Caldera	7
15. Noria (La).	1	39. Faro de la punta de Coquimbo	28
16. Pabellon de Pica	281	40. Freirina	15
17. Pisagua	4	41. Huasco.	4
18. Tacna	104	42. Higuera	1
19. Tacna et Arica.	217	43. Illapel	67
20. Tamaragal (Désert de)	3	44. Juan Godoi.	1
21. Tarapaca.	5	45. Ovalle	77
	<hr/> 1 224	46. Pabellon	4
III. — Antofagasta.		47. Salamanca	1
22. Antofagasta.	7	48. Serena (La).	118
23. Calama.	1	49. Tamaya	21
		50. Vallenar	5
			<hr/> 2 321

V. — Valparaiso, Santiago, Talcahuano, Concepción.

51. Alvarado	1
52. Andes (ou Santa Rosa de los)	6
53. Angeles (Los)	2
54. Bucalemu	1
55. Casa Blanca	6
56. Gauquenes	4
57. Ghillan	6
58. Cohelemu	8
59. Colin	4
60. Concepción	1,234
61. Constitución	15
62. Curacavi	3
63. Curico	9
64. Dormida (La)	4
65. Estrella (La)	1
66. Felipe (San)	31
67. José (San) de Maipo	2
68. Lampa	5
69. Ligua (La)	16
70. Limache	16
71. Linderos (Los)	2
72. Maipo (Cerro de)	1
73. Marga marga	1
74. S. Miguel	1
75. Melipilla	1
76. Ocoa	2
77. Pangia	2
78. Papudo	1
79. Pedro (San)	1
80. Penco	1
81. Petorca	1
82. Playa Ancha (Faro de la)	2
83. Posillas	1
84. Prado	1
85. Quilapilu	6
86. Quillota	20
87. Quintero	64
88. Quiriquina (Faro de la)	7
89. Rancagua	9

90. Rengo	9
91. Santiago	1,001
92. Santiago et Valparaiso	141
93. Tagueragua	2
94. Talca	53
95. Talcahuano	5
96. Tome (El)	1
97. Valparaiso	480
98. Vicuchen	2
99. Viña del Mar	22
100. Viscacha (Cerro de la)	1
101. Yumbel	2
	<hr/>
	3,216

VI. — Valdivia, Puerto Monte, presqu'île de Taitao.

102. Ancud	7
103. Angol	9
104. Calbuco	2
105. Cañete	1
106. Carelmapu	1
107. Corral	5
108. Guaytecas (I.)	1
109. Lebu	1
110. Manzanales	1
111. Maria (Santa, mouillage de)	1
112. Mocha (I.)	7
113. Nacimiento (EL)	2
114. Niebla (Faro de la)	4
115. Nueva Imperial	1
116. Puerto Montt	7
117. Trumao	1
118. Valdivia	72
	<hr/>
	117

VII. — Territoires Magellaniques.

119. Punta Arenas	1
120. Wager (I.)	1
	<hr/>
	2

VIII. — Tremblements sous-marins.

121. 18°30' — 80°30'.
 122. 18°54' — 80°30'.
 123. 19°00' — 78°38'.
 124. 19°28' — 70°29'.
 125. 19°35' — 93°17'.
 126. 20° 8' — 71°17'.
 127. 20°40' — 77°22'.
 128. 24°18' — 72°54'.
 129. 26° 2' — 95°10'.
 130. 26°48' — 73°42'.
 131. 27° 3' — 71°21'.
 132. 29°54' — 71°19'.
 133. 31°27' — 72°42'.
 134. 33°32' — 76°49'.
 135. 34°55' — 77°38'.
 136. 38°37' — 102°45'.
 137. 38° — 76°00'.
 138. 38°00' — 96°00'.
 139. 38°00' — 100°00'.
 140. 42°32' — 88°45'.
 141. 44°48' — 79°18'.
 142. 54°57' — 128°34'.
 143. 59°29' — 68°11'.
 144. 59°29' — 68°20'.
 145. 65°15' — 75°12'.
 146. A 6 lieues marines au Sud-Ouest de
 Coquimbo.
 147. A quelques milles de la côte entre
 Chañaral et Herradura.
 148. A hauteur et au large de Talcahuano.

TOTAL GÉNÉRAL. . . . 8,055

Tremblements de terre sentis aussi en mer

- 20°13' — 71°18'.
 20°14' — 71°31'.
 22°10' — 70°45'.
 22°20' — 70°45'.
 23°20' — 70°50'.
 23°35' — 70°25'.
 23°43' — 70°47'.
 28°54' — 75°59'.
 29°56' — 75°15'.
 29°56' — 74°28'.
 30°34' — 72° 2'.
 31°27' — 72°42'.
 33°29' — 72°14'.
 35°30' — 104°52'.

A 6 ou 7 milles au large d'Iquique.

Vagues sismiques.

- Toute la côte du Chili. 3
 Arica 4
 A 100 milles à droite et à gauche
 d'Arica.
 D'Iquique à Chañaral.
 D'Iquique à Pisagua.
 Cobija.
 Pisagua 2
 Antofagasta.
 De Copiapo à Caldera.
 De Coquimbo à Herradura.
 Concepción.
 Valparaiso. 4
 Buchupureu.
 Talcahuano.
 De Cobija aux îles Lobos.

ANNÉES.	LOCALITÉS.									
	Arequipa.	Arica.	Tacna.	Tacna et Arica.	Copiapo.	Coquimbo.	Santiago.	Santiago et Valparaiso.	Valparaiso.	Valdivia.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1836	33	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1837	22	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1838	30	»	»	»	»	»	14	»	»	»
1839	20	»	»	»	»	»	18	»	»	»
1840	18	»	»	»	»	»	11	»	»	»
1841	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1842	31	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1843	20	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1844	12	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1845	32	8	5	»	»	»	»	»	»	»
1846	»	»	10	»	»	»	»	»	»	»
1847	»	»	3	»	15	111	»	»	»	»
1848	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1849	»	»	»	»	»	62	17	»	»	»
1850	»	»	»	»	»	60	26	»	»	»
1851	»	»	»	»	»	27	80	5	28	»
1852	»	»	»	»	»	31	32	4	2	»
1853	»	»	»	»	»	33	32	»	»	»
1854	»	»	»	»	9	44	23	2	11	»
1855	»	»	»	»	8	»	23	2	8	»
1856	»	»	»	»	»	»	14	»	»	»
1857	»	»	»	»	»	»	10	»	1	3
1858	»	»	»	»	»	»	9	2	1	»
1859	»	»	»	»	115	»	4	2	5	3
1860	»	»	»	»	17	35	4	1	4	1
1861	»	»	»	»	»	»	8	»	6	1

ANNÉES.	LOCALITÉS.									
	Arequipa.	Arica.	Tacna.	Tacna et Arica.	Copiapo.	Coquimbo.	Santiago.	Santiago et Valparaiso.	Valparaiso.	Valdivia.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1862	»	»	43	66	5	»	7	»	1	2
1863	»	»	»	32	6	»	4	13	1	»
1864	»	»	1	20	62	»	9	4	7	2
1865	»	»	»	16	31	»	17	2	1	1
1866	»	»	»	18	28	»	14	2	4	5
1867	»	»	»	15	36	»	18	2	»	2
1868	»	74	40	15	64	»	16	2	»	5
1869	»	»	»	»	45	»	30	»	1	6
1870	»	»	»	»	31	17	18	»	3	4
1871	»	»	»	»	45	7	12	4	19	3
1872	»	»	»	»	17	11	6	2	12	1
1873	»	»	»	»	23	»	11	12	79	1
1874	»	»	»	»	30	»	18	19	29	2
1875	»	»	»	»	16	14	10	6	24	»
1876	»	»	»	»	16	»	9	20	52	11
1877	»	»	»	»	55	»	11	7	37	2
1878	»	»	»	»	44	»	10	11	51	2
1879	»	»	»	»	53	»	25	10	12	»
1880	»	»	»	»	26	»	13	»	»	»
1881	»	»	»	»	19	»	7	»	»	»
1882	»	»	»	»	38	»	14	»	»	»

ANNÉES.	LOCALITÉS.									
	Arequipa.	Arica.	Tacna.	Tacna et Arica.	Copiapo	Coquimbo.	Santiago.	Santiago et Valparaiso.	Valparaiso.	Valdivia.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1883	»	»	»	»	9	»	12	»	»	»
1884	»	»	»	»	46	»	15	6	31	»
1885	»	»	»	»	44	»	»	»	7	»
1886	»	»	»	»	43	»	»	1	27	»
1887	»	»	»	»	95	»	»	»	»	»
1888	»	»	»	»	56	»	»	»	»	»
1889	»	»	»	»	48	»	12	»	»	»
1890	»	»	»	»	28	»	7	»	»	»
1891	»	»	»	»	15*	»	»	»	»	»
1892	»	»	»	»	30	»	»	»	»	»
1893	»	»	»	»	15	»	»	»	»	»
1894	»	»	»	»	22	»	»	»	»	»
1895	»	»	»	»	19	»	»	»	»	»
1896	»	»	»	»	14	»	»	»	»	»
1897	»	»	»	»	23	»	»	»	»	»
1898	»	»	»	»	15	»	»	»	»	»
1899	»	»	»	»	26	»	»	»	»	»
1900	»	»	»	»	17	»	»	»	»	»
1901	»	»	»	»	10	»	»	»	»	»
1902	»	»	»	»	24	»	»	»	»	»

* 1891. Année incomplète quant aux observations.

Fréquences annuelles moyennes.

LOCALITÉS.	Nombre d'années d'observations.	Moyennes.	RÉGIONS.	Par région.
Arequipa	35	25	Région I.	25
Tacna	6	17	} Région II.	26
Tacna et Arica	7	26		
Copiapo	46	32	} Région IV:	70
Coquimbo	12	38		
Santiago	42	15	} Région V.	38
Santiago et Valparaiso	24	6		
Valparaiso	28	17		
Valdivia	19	3	Région VI.	3
Moyenne annuelle générale		162		

Liste des volcans (d'après Stübel).

I. — Groupe d'Arequipa.

201. Coropuno.
 202. Solomani.
 203. Charchani.
 204. Misti (*).
 205. Pichupichu.
 206. Ubinas (*).
 207. Omate.

II. — Groupe de Tarapaca.

208. Huarahuara.
 209. Quenuata.

210. Chipicani.
 211. Sajama.
 212. Anallache.
 213. Los dos Cerros de Pachachata.
 214. Isluga.
 215. Tata Yachura.
 216. Lirima.
 217. Tua.
 218. Olca.
 219. Mino.
 220. Oyugua.
 221. San Pedro.
 222. San Pablo.

Nota. — Le signe (*) indique les volcans qui ont eu des éruptions dans le courant du XIX^e siècle, d'après Stübel.

III. — *Groupe d'Antofagasta
et d'Atacama.*

223. Licancaur.
224. Colachi.
225. Lascar (*).
226. Socompa.
227. Llullaillaco.
228. Volcanes de Antafalla.
229. Carachapampa.

IV. — *Groupe de Santiago.*

230. Volcan de San-José.
231. Volcan de Maipo (*).
232. Tinguiririca.
233. Peteroa.
234. Descabezado chico.
235. Descabezado.
236. Volcan de las Yeguas.
237. Volcan de Cauquenes.
238. Volcan de Chillan (*).

V. — *Groupe de Valdivia.*

239. Antuco (*).

240. Copahue.
241. Collaqui.
242. Trelope.
243. Lanquimai.
244. Llaima.
245. Volcan de Villarica.
246. Logol (Quehupillan) (*).
247. Rinihue.
248. Chapelco.
249. Osorno.
250. Calbuco (*).
251. Yate.
252. Hornopiren.
253. Huequi.
254. Minchinmávida.
255. Corcorado.
256. Yanteles.

VI. — *Territoires Magellaniques.*

257. Volcan de Fitzroy.
258. Chalten.
259. Apaca.



TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	79
RÉGION I. — Arequipa et Moquegua	82
RÉGION II. — Arica, Tarapaca et Iquique.	83
RÉGION III. — Antofagasta	85
RÉGION IV. — Atacama, Copiapo et Coquimbo	86
RÉGION V. — Valparaiso, Santiago, Talcahuano et Concepción	87
RÉGION VI. — Valdivia, Puerto Montt et presqu'île de Taitao	89
RÉGION VII. — Territoires Magellaniques.	90
VIII. Le Pacifique Sud-Américain entre les 16 ^{me} et 56 ^{me} parallèles	91
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	91
TABLEAUX	96
Tableau des nombres de sismes connus par épacentres et régions.	96
— des tremblements sous-marins	98
— des tremblements de terre sentis aussi en mer	98
— des vagues sismiques.	98
— des fréquences annuelles.	99
— des fréquences annuelles moyennes	103
Liste des volcans (d'après Stübel)	103

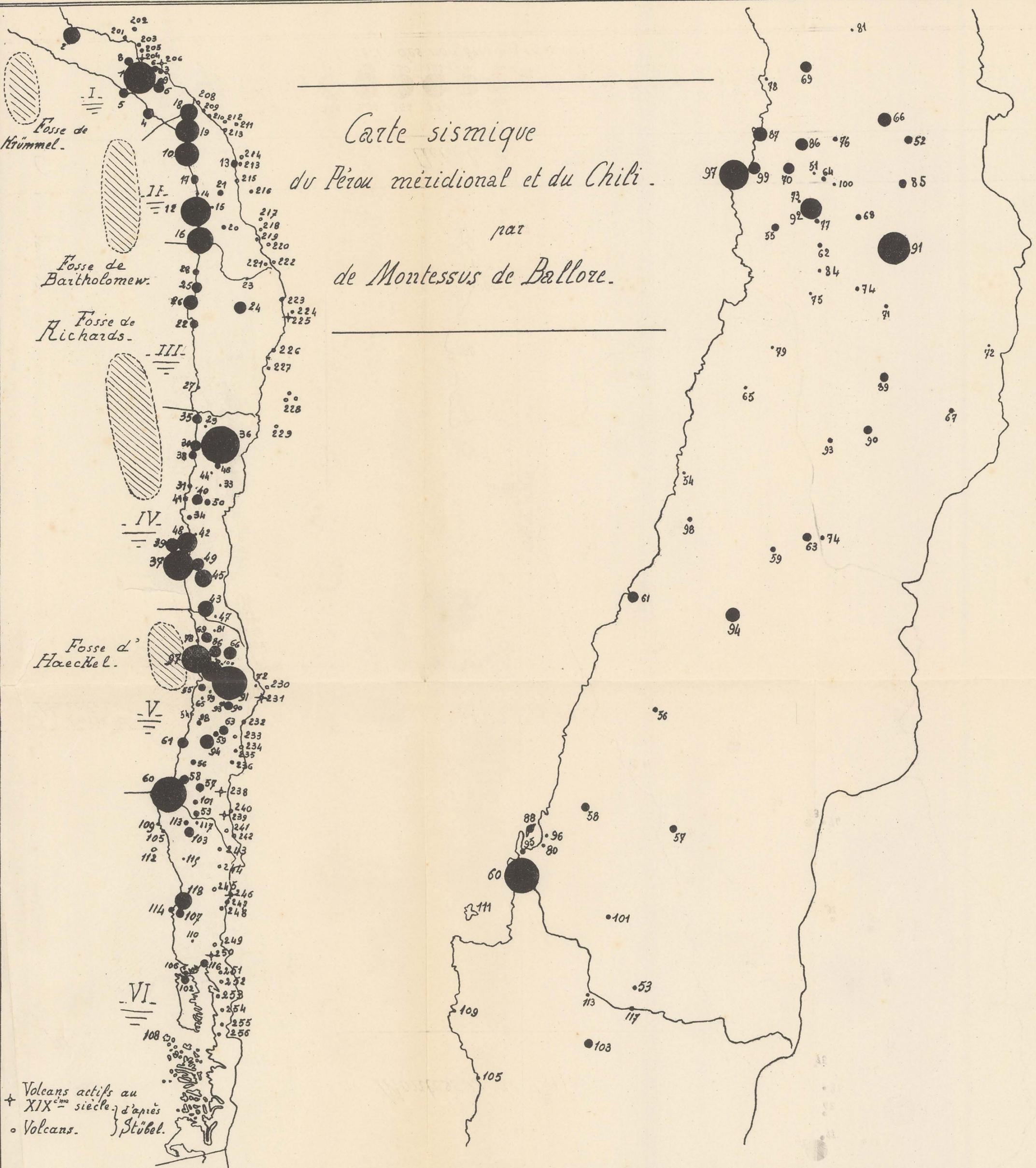
Voir planche I. — CARTE SISMIQUE DES ANDES MÉRIDIONALES.

Carte d'ensemble ($\frac{1}{10\ 000\ 000}$).

Détails de la cinquième région ($\frac{1}{2\ 000\ 000}$).



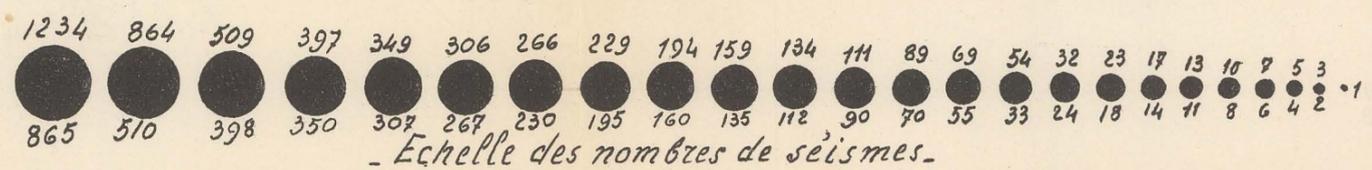
Carte sismique
du Pérou méridional et du Chili.
par
de Montessus de Ballore.



+ Volcans actifs au XIX^{ème} siècle, d'après Stübel.
o Volcans.

Carte d'ensemble. 1/10,000,000

Détails de la 5^{ème} région. 1/2,000,000.



- Echelle des nombres de séismes.