

# GÉOSYNCLINAUX

ET

## RÉGIONS A TREMBLEMENTS DE TERRE

ESQUISSE DE GÉOGRAPHIE SISMICO-GÉOLOGIQUE (1)

PAR

F. DE MONTESSUS DE BALLORE

---

### PRÉAMBULE

Il y a vingt-cinq ans, le problème sismologique se présentait encore comme absolument mystérieux. Des théories contradictoires, dont le nombre même attestait la fragilité, n'étaient en réalité que d'arbitraires hypothèses météorologiques ou cosmogoniques, et c'était bien timidement qu'un petit nombre de savants avaient voulu chercher les causes des tremblements de terre exclusivement dans l'écorce terrestre, c'est-à-dire dans le milieu où ils prennent naissance, en un mot, s'étaient décidés à les mettre en relation avec les phénomènes géologiques présents et passés. L'exemple de Suess et de quelques autres n'avait guère été suivi; en tout cas, aucune généralisation n'était résultée des travaux du savant autrichien sur les sismes de l'Italie méridionale et des Alpes orientales, pas plus que de ceux de ses continuateurs.

Entretemps, une véritable révolution s'était cependant produite dans l'étude des secousses du sol. Grâce aux sismologues italiens et, un peu plus tard, à ceux du Japon, pour ne citer que les plus actifs dans une voie nouvelle, de nombreux instruments ont été inventés et combinés en vue de signaler les plus imperceptibles frémissements de l'écorce terrestre et de scruter les particularités mécaniques et cinéma-

(1) Mémoire présenté à la séance du 20 décembre 1904.

tiques du mouvement sismique. De nombreux observatoires spéciaux ont été installés un peu partout et commencent à former un assez dense réseau à la surface du globe, malgré de nombreuses et regrettables lacunes qui, on doit l'espérer, ne tarderont pas à se combler petit à petit. Dès lors, la sismologie avait conquis son autonomie et défini ses méthodes, tandis que les préoccupations d'ordre météorologique ou autre passaient du même coup au second plan. Mais par une conséquence malheureuse de ces brillantes recherches, surtout physiques et mécaniques, on négligeait de plus en plus le point de vue géologique, le seul permettant pourtant de s'attaquer en face aux origines du phénomène sismique, et l'on s'attardait à étudier pour lui-même un mouvement qui, pour intéressant qu'il soit, n'en est pas moins un effet seulement consécutif des tremblements de terre, de sorte que ces recherches restent incapables de faire remonter à leur genèse. Cependant de-ci de-là quelques rapides considérations sur la géologie des régions ébranlées, terminant les descriptions des sismes les plus importants, auraient dû suffire pour rappeler aux sismologues physiiciens qu'ils aiguillaient leurs efforts sur un problème véritablement accessoire, malgré l'intérêt, tout à fait indiscutable d'ailleurs, des résultats qu'ils obtenaient. Si l'on veut permettre une comparaison, c'est comme si les météorologistes limitaient leurs recherches à la trajectoire des cyclones, aux lois mécaniques du mouvement des fluides, sans se préoccuper des phénomènes atmosphériques précédant et accompagnant leur formation au sein même des pays où ils prennent naissance.

La question ainsi posée, il devenait absolument nécessaire de connaître tout d'abord, et d'une manière approfondie, la répartition des tremblements de terre à la surface du globe, problème préliminaire que les grands catalogues sismiques des Mallet, des Perrey, des Fuchs, etc., permettaient de résoudre approximativement, au moins pour les pays d'ancienne culture scientifique au sujet desquels les renseignements abondent. Puis l'essor de la colonisation européenne dans le monde entier, et en même temps le développement inattendu des études sismologiques dans les pays le plus souvent et durement éprouvés, ont permis de récolter un assez grand nombre d'observations de tremblements de terre — actuellement plus de 170 000 — pour qu'une description sismique de l'univers ne présente plus que des lacunes sans grande importance et n'attende que des perfectionnements de détail.

Du même coup, il était devenu possible, au moyen de ces matériaux considérables, de réfuter par la statistique de nombreuses lois empiriques de relations des tremblements de terre avec les phénomènes

naturels les plus hétéroclites et qui, basés sur des observations en nombre très insuffisant, étaient le plus souvent contradictoires de pays à pays, ce qui en prouvait le peu de bien fondé. Il est bien entendu qu'il faut faire exception en faveur d'une importante catégorie de mouvements sismiques enregistrés par les appareils sismographiques et qui, n'étant pas toujours l'écho lointain de véritables tremblements de terre, peuvent, dès lors, relever de phénomènes extérieurs dont on ne saurait nier l'action sur l'écorce terrestre et obéir à des lois de périodicité.

L'établissement du vaste catalogue de tremblements de terre dont il vient d'être question, a conduit à une description sismique du globe et en même temps à la détermination des caractères géographiques et géologiques différenciant les régions *sismiques* où les secousses du sol sont fréquentes et parfois plus ou moins désastreuses, les régions *péné-sismiques* où, à des degrés divers fréquentes, elles ne sont jamais destructives, enfin les régions *asismiques* de stabilité parfaite, où elles sont faibles et rares quand on ne les ignore pas complètement. Cette différenciation a permis, d'une manière pour ainsi dire automatique, et successivement en passant à des constatations de plus en plus complexes, mais toujours basées sur la seule statistique et sans idées préconçues, de montrer que les tremblements de terre ont des relations bien définies avec les conditions générales de relief et les circonstances géologiques des pays où ils se produisent. Il suffit ici de les rappeler brièvement et dans l'ordre de leur découverte, parce qu'il en sera souvent question dans ce travail.

De deux régions voisines, la plus instable est celle qui présente la plus forte pente générale, ou les plus grandes différences d'altitude (relief absolu émergé ou immergé). La raison en est que celle-ci en est le plus souvent la plus disloquée. Le phénomène sismique apparaît ainsi en relation avec les principales vicissitudes géologiques, surrection des grandes lignes de corrugation de l'écorce terrestre, creusement des océans, etc.

Dans le détail, l'influence sismogénique des principaux accidents — plissements, effondrements ou surrections d'un caractère local, failles, etc. — s'est montrée plus difficile à débrouiller, parce qu'on les rencontre un peu partout à la surface du globe les uns ou les autres, et qu'il faut aussi tenir compte de leur plus ou moins grande ancienneté. D'une façon générale, on peut dire qu'on vient de les énumérer dans l'ordre de leur action décroissante, et cette observation est bien d'accord avec la loi de relief, puisque l'écorce terrestre doit ses plus

importantes chaînes de montagnes surtout au plissement. Il est bien entendu qu'en parlant de ces influences, on a en vue celles des efforts tectoniques auxquels les accidents dont il vient d'être question doivent naissance.

Le facteur temps ne pouvait manquer d'intervenir. Et, en effet, l'observation montre qu'un phénomène géologique a d'autant plus de chance de se perpétuer sous la forme atténuée de sismes, que, toutes choses égales d'ailleurs, il est moins ancien.

C'est ainsi que les plissements calédoniens, armoricains et alpins sont respectivement dans leur ensemble asismiques, pénésismiques et sismiques. L'âge même des sédiments qui recouvrent une région donnée, en en exceptant les dépôts quaternaires résultant d'actions superficielles, joue aussi son rôle dans le même sens, mais d'une manière moins marquée, à cause des accidents qui peuvent n'affecter que le substratum.

La description sismique du globe a fourni deux résultats généraux de grande importance, l'un déjà soupçonné, l'indépendance entre les phénomènes sismiques et volcaniques, l'autre tout à fait inattendu, la répartition des régions à tremblements de terre sur deux étroites zones couchées le long de deux grands cercles de la sphère terrestre. Cette relation purement géométrique appelait une interprétation géologique. Elle se lit immédiatement sur les cartes : *Les zones renfermant les régions sismiques coïncident exactement avec les géosynclinaux de l'époque secondaire, tels que les a figurés M. Haug dans son mémoire bien connu : Les géosynclinaux et les aires continentales.*

C'est bien là une loi synthétique générale mettant nettement les sismes sous la dépendance directe des principaux mouvements de l'écorce terrestre, puisque c'est le long de ces lignes qu'ils ont atteint leurs plus grandes amplitudes positives ou négatives. Conséquence exclusive de la statistique et, par conséquent, ne relevant que de l'observation sans l'introduction d'aucune hypothèse, cette loi peut s'énoncer en disant que :

*Les géosynclinaux, ou les bandes les plus mobiles de la surface terrestre, où les sédiments déposés sous les plus grandes épaisseurs ont été ensuite, à l'époque tertiaire, énergiquement plissés et relevés pour la formation des principales chaînes actuelles, ou géantyclinaux, renferment à eux seuls, et à deux ou trois exceptions douteuses près seulement, toutes les régions sismiques, qui par conséquent les caractérisent.*

L'instabilité sismique ne pouvait être uniforme le long de ces bandes, à cause du non-synchronisme des mouvements et de leurs

différences d'amplitude. Elles renferment donc çà et là des régions pénésismiques et même parfois des régions asismiques, dont la raison d'être se découvre dans le détail de l'histoire géologique. Souvent la sismicité, déjà en rapport avec le plus ou moins d'ancienneté des mouvements positifs et négatifs et l'importance du relief émergé ou immergé, se montre aussi en proportion de la puissance des sédiments relevés, ce qui est tout simplement une autre expression de la loi de l'influence sismogénique du relief.

Dans bien des cas, les régions sismiques particulières épousent nettement le tracé de synclinaux de second ordre, attestant ainsi plus étroitement encore leur liaison avec les mouvements ultérieurs nés au sein des géosynclinaux.

Les géosynclinaux plus anciens, qui à des époques géologiques antérieures ont donné lieu à des chaînes plissées, maintenant arasées et à peine discernables dans leur état actuel de pénéplaines, présentent aussi des régions pénésismiques, restes d'anciennes régions sismiques tendant à la stabilité, tandis que les aires continentales, — au sens de M. Haug, — que leur architecture tabulaire démontre n'avoir jamais été que le siège de mouvements d'ensemble de faible amplitude relative et sans grands dérangements des couches sédimentaires sous-jacentes, sont très généralement asismiques, ou à peine pénésismiques dans des cas particuliers explicables. Ainsi l'on peut dire d'une façon abrégée que :

*L'architecture plissée des géosynclinaux est instable, à l'inverse de l'architecture tabulaire des aires continentales, et ce à toutes les époques géologiques vraisemblablement.*

Telle est la loi qu'il s'agit d'établir ici en parcourant rapidement la surface du globe. Dès lors, il est rationnel de diviser le sujet en sept paragraphes correspondant aux cinq aires continentales et aux deux géosynclinaux, dont les limites seront supposées connues d'après le travail de M. Haug. Ce sont, avec les nombres de sismes correspondants ainsi que les pour-cent du total :

	Nombres de sismes.	%
I. Continent Nord-Atlantique . . . . .	8 939	5.21
II. — sino-sibérien. . . . .	3 479	2.03
III. — australo-indo-malgache . . . . .	374	0.22
IV. — africano-brésilien . . . . .	457	0.27
V. Géosynclinal méditerranéen . . . . .	90 126	52.57
VI. — circumpacifique . . . . .	66 026	38.51
VII. Océan Pacifique . . . . .	2 033	1.19
	<hr/> 171 434	<hr/> 100.00

Les géosynclinaux renferment donc 91.08 % des tremblements de terre qu'on a pu recueillir, contre les 8.92 % seulement correspondant aux aires continentales, en dépit de la bien plus grande surface terrestre qu'elles recouvrent.

On pourrait à la rigueur objecter que les observations sismologiques ne sont anciennes et suffisamment développées que pour le seul continent Nord-Atlantique et que, par suite, cette énorme prépondérance de sismicité en faveur des géosynclinaux, plus apparente que réelle, est faussée par le manque d'informations relatives aux autres aires continentales. A cela on peut répondre que la complexité des conditions géographiques et géologiques du continent Nord-Atlantique par rapport à celles des quatre autres n'est pas étrangère au plus grand nombre de sismes qu'on a observés pour le premier, 5.21 % contre 3.71 % signalés pour les quatre derniers ensemble. Si même l'on ne veut pas tenir compte de cet argument, il faut admettre cependant qu'au maximum les cinq aires continentales ne pourront jamais fournir plus de 25 % des tremblements de terre, ce qui réduirait à 75 % au lieu de 91.08 % la sismicité des géosynclinaux par rapport à celle de 8.92 % des aires continentales. La loi n'en subsisterait donc pas moins.

On n'a pas la prétention de résoudre complètement le problème sismique au moyen de cette loi synthétique. Mais c'est déjà un résultat important de pouvoir affirmer, sur la seule foi de la statistique, l'intime dépendance entre les tremblements de terre et les zones de l'écorce terrestre où les plissements ont atteint leur plus grande énergie en même temps que les mouvements verticaux leur plus grande amplitude. Cela n'exclut d'ailleurs pas dans le détail l'existence de causes sismogéniques locales et d'action plus immédiate, mais l'exposition en est tout naturellement réservée aux monographies devant constituer par leur ensemble une description sismico-géologique du globe, dont les lacunes inévitables seront en proportion du degré d'avancement des recherches géologiques et sismologiques régionales. On se contentera d'exposer ici la loi générale que met hors de doute le nombre considérable de tremblements de terre relatés et mis en œuvre. Si elle a été établie *a posteriori*, souvent, pour plus de clarté, on en parlera comme d'un résultat *a priori* : simple artifice de langage.

## I. — Continent Nord-Atlantique.

Le continent Nord-Atlantique comprend, des Rocheuses à l'Oural, les terres et les mers au Nord de la grande ride alpine et antillienne. On va montrer comment l'instabilité s'y répartit, et à quel degré, au rapport des principales circonstances géologiques, et c'est d'ailleurs la marche qui sera suivie dans tout ce travail.

Les pays scandinaves sont généralement très stables. Or il s'agit là d'un ancien môle de terrains archéens et primaires, le bouclier finno-scandinave de Suess, s'étendant à la Finlande par-dessus la Baltique et que de faibles secousses n'agitent plus qu'en des points particuliers. C'est une aire de surélévation, dont les mouvements récents n'ont que peu ou pas d'influence sismogénique, parce qu'ils se sont produits sur une vaste surface en forme de dôme très surbaissé.

La côte de Norvège tombe sur l'Océan par un escarpement disloqué attestant l'ouverture peu ancienne — fin de l'époque tertiaire — de l'Atlantique entre les parties septentrionales de l'Europe et de l'Amérique, mouvement qui s'est fait sans grands effondrements ou fractures, puisqu'il n'y a pas de véritables abîmes océaniques le long de ce littoral. Aussi cette aire continentale, plutôt ennoyée qu'effondrée, ne présente-t-elle que des régions pénésismiques. Les secousses norvégiennes sont en relation incontestable avec les fjords, double système de cassures parallèles, dont l'état de fraîcheur, favorisé, il est vrai, par la couverture glaciaire, n'en atteste pas moins la jeunesse relative, qui en explique une certaine mobilité traduite par des sismes. D'autres se font sentir aussi autour du golfe de Christiania, prolongé dans l'intérieur par de puissantes fractures disposées comme les failles périadriatiques. C'est d'ailleurs l'emplacement d'un synclinal silurien, trop ancien donc pour donner encore lieu de nos jours à un district sismique.

La Scanie, quelquefois ébranlée, montre des cassures dont la plus importante, de direction méridienne, est accusée par la ligne des lacs, maintenant émergée, et joue un rôle sismogénique bien défini.

Le long du golfe de Bothnie, d'autres secousses rappellent sans doute les mouvements bien connus de la mer pléistocène, que beaucoup veulent voir encore actifs, tandis qu'à l'autre extrémité de la Baltique, celles du Jutland correspondent aux cassures récentes qui ont ouvert les détroits postérieurement aux dépôts glaciaires les plus anciens.

Enfin les Lofoden, peut-être restes de la chaîne calédonienne plissée, sont agitées de sismes dont la rareté semble venir tout exprès à l'appui de la stabilité des plissements très anciens.

Le reste de la Scandinavie et de la Finlande est nettement asismique, comme il convient à un massif de très ancienne consolidation dès longtemps réduit à l'état de pénélaine par les agents extérieurs.

Cette stabilité s'étend aux terres arctiques d'Europe, où l'existence de sédiments variés de toutes les époques paraît indiquer la permanence d'un domaine maritime polaire et peut ainsi expliquer l'absence de sismes, faute de dérangements de suffisante amplitude.

Les îles Britanniques se trouvent à peu près dans les mêmes conditions et les tremblements de terre y sont en relation avec des accidents particuliers, comme la fracture du canal calédonien, ou la grande faille bordière des terrains carbonifériens de la Basse-Écosse.

L'Europe moyenne est caractérisée par une série de massifs granitiques ou primaires, formant des îlots montagneux, plus ou moins élevés, qui ont joui du singulier privilège de rester constamment émergés au milieu des mers successives qui, déposant leurs sédiments tout autour, s'avançaient et se retiraient alternativement. Ce sont l'Irlande, le Pays de Galles, la Cornouaille, la Bretagne et la Vendée, le plateau central français, la Meseta ibérique, les Vosges, la Forêt Noire, l'Odenwald, le Spessart, la Bohême, les Balkans, le bas pays du Bug et du Dnieper, l'Oural enfin. D'une façon générale, ils sont asismiques, ainsi que les aires sédimentaires interposées entre eux. Les exceptions qui s'y rencontrent sous forme de régions pénésismiques d'importance variée coïncident toutes avec des plissements post-carbonifériens (Pays de Galles, Cornouailles et Vendée, Russie méridionale et Oural, et surtout l'Erzgebirge au-dessus de la fracture bohémienne), ou bien avec de notables accidents non trop anciens, comme la rupture de la voûte vosgienne pour l'établissement de la vallée du Rhin, et enfin, plus particulièrement avec la traînée des bassins houillers déposés en avant des plissements hercyniens, dans un vaste géosynclinal primaire s'étendant de l'Irlande à la Belgique, la Westphalie, la Silésie, le Donetz et l'Oural, dernière chaîne qui, d'après M. Haug, aurait conservé ce caractère au moins jusqu'aux temps secondaires. Or ces bassins, auxquels le plus souvent se limitent exactement les régions pénésismiques en question, ont été plissés et disloqués à plusieurs reprises et sont beaucoup plus instables non seulement que les massifs en arrière et les aires sédimentaires interposées, mais même que les bassins houillers de l'intérieur, par exemple ceux du plateau central



français et de la Sarre, de sorte que l'influence sismogénique de l'ancien géosynclinal apparaît clairement.

Il est bien connu que les massifs primaires de l'Europe moyenne ont arrêté les plissements tertiaires alpins, et c'est là tout le secret de leur stabilité, ainsi que de celle des sédiments interposés entre eux.

La position horizontale ou presque horizontale des dépôts de la plateforme russe et l'absence de toute grande dislocation récente rendent bien compte de l'asismicité de ces vastes territoires.

L'Oural a joué le rôle de géosynclinal jusqu'à la fin de l'époque secondaire et au commencement de la période tertiaire, et au moins jusqu'à l'Oligocène une séparation marine entre la Russie et la Sibérie occupait son emplacement ou celui de son versant asiatique. Mais au lieu de se transformer ensuite comme les géosynclinaux contemporains, circumpacifique et méditerranéen, en hautes chaînes plissées et instables, formant géantoclinal, il n'y a pas eu, à proprement parler, de surrection, et le bras de mer a simplement disparu par suite d'un minime relèvement. On s'explique donc ainsi que l'Oural soit stable, sauf en une région restreinte de son développement, le district pénésismique de Nijné-Taguilsk, où interviennent des dislocations particulières. Il en résulte que les aires continentales Nord-Atlantique et sino-sibérienne sont peu nettement séparées l'une de l'autre; on pourrait donc les considérer comme n'en faisant réellement qu'une seule.

On va maintenant examiner la partie occidentale du continent Nord-Atlantique, récemment coupé en deux par ennoyage, bien plutôt que par véritable effondrement.

Malgré une navigation intensive, on n'a jusqu'ici relaté presque aucun sisme sous-marin dans l'Atlantique septentrional; les secousses inconnues dans les Fœrœr sont, quoi qu'on en ait dit, assez rares en Islande. Cela s'accorde parfaitement avec ce que l'on sait de l'histoire de cet océan, aire continentale reliant naguère l'Europe et l'Amérique septentrionale, puisque des couches terrestres miocènes se retrouvent dans les îles.

Le Groenland est un ancien plateau non dérangé, tout à fait asismique, comme les autres terres arctiques de l'Ouest.

Le bouclier canadien, fragment réduit à l'état de pénéplaine d'un vieux continent précambrien, partage les conditions pénésismiques de son homologue d'Europe, le bouclier finno-scandinave. Le Saint-Laurent occupe une fosse d'affaissement, quelquefois ébranlée. Les sismes du Maine sont en relation avec les fjords qui l'indentent, ceux

du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse avec les plissements calédoniens ou l'affaissement océanique représenté par les grandes profondeurs de l'Océan dans ces parages, ceux enfin des Apalaches avec les plissements hercyniens. Enfin dans le Tennessee et dans l'Ohio, des tremblements de terre ébranlent les bassins houillers, comme dans l'Europe moyenne.

L'homologie entre l'Amérique et l'Europe septentrionales se poursuit encore par l'asismicité des plaines paléozoïques du centre des États-Unis et des grandes plaines crétacées qui s'étendent de l'embouchure de la Mackensie jusqu'au Texas. Il est remarquable que la zone des grands lacs soit tout au plus pénésismique; c'est que cet accident ne résulte pas de causes tectoniques profondes, mais seulement de phénomènes glaciaires superficiels.

Les tremblements de terre violents qui ont ébranlé le Mississipi moyen ne se sont plus reproduits depuis 1811. On ne peut donc affirmer qu'il existe là une région véritablement sismique, constituant ainsi une anomalie au milieu de territoires dès longtemps en équilibre. On les a du reste attribués soit à un affaissement par tassement de la Sunk Country, région marécageuse à l'Ouest du fleuve, soit à un accident tectonique important, cette grande artère fluviale suivant le bord oriental d'une plateforme.

La Floride est absolument asismique, ainsi que les Bahamas. Or, il s'agit là de sédiments très récents, horizontaux et probablement déposés sur un plateau sous-marin sans profondeur.

Charleston et Summerville ont été ravagées en 1886 par un violent tremblement de terre. Faut-il en conclure à l'existence d'une région sismique dans ces parages? La question est difficile à résoudre, les secousses n'y étant vraiment pas trop fréquentes, et cet événement restant unique jusqu'à présent. Il y aurait là une nouvelle exception, à moins que le voisinage du géosynclinal méditerranéen dans sa traversée de l'Atlantique entre l'Atlas et les Antilles par un trajet encore inconnu ne permette de rattacher cette région au géosynclinal lui-même. On peut aussi rappeler que les terres atlantiques du Nord ont été rompues après l'époque miocène, mais qu'on ignore l'exacte position de leur ancien littoral vers le Sud. Quoi qu'il en soit, on ne peut avoir ici la prétention de tout élucider, et il n'est loi naturelle si bien établie qui ne souffre quelque exception.

Ainsi l'aire continentale Nord-Atlantique est assujettie à la relation qu'il s'agit de démontrer. On s'en rendra encore mieux compte par le contraste de l'extrême sismicité des géosynclinaux jalonnés sur tout

leur long parcours par un grand nombre de régions fréquemment et violemment ébranlées par les tremblements de terre.

## II. — Continent sino-sibérien.

Le continent sino-sibérien est limité à l'Ouest par l'Oural, qui, ainsi qu'on l'a dit plus haut, ne le sépare guère du continent Nord-Atlantique, au Sud et à l'Est par les géosynclinaux méditerranéen et circumpacifique. C'est une masse essentiellement stable au point de vue géologique, qui n'a jamais été morcelée, et son asismicité générale est une évidente conséquence de cet état de choses.

De l'Oural à l'Yénisséï, la Sibérie occidentale ignore les sismes, sauf la région pénésismique déjà citée de Nijné-Taguïlsk. C'est là une surface émergée de l'époque carboniférienne, puis recouverte par une mer plate à l'époque oligocène, sans dérangements ni bouleversements postérieurs. La Sibérie orientale montre une ancienne architecture tabulaire tout aussi stable.

Au Sud, de Krasnoïarsk à Kirensk et Ourga, s'étale une grande région pénésismique, peut-être même sismique, à un faible degré toutefois; elle est caractérisée par le lac Baïkal, vaste et profond accident tectonique de disjonction, résultant d'efforts très anciens, siluriens, qui auraient rejoué à l'époque secondaire, et même plus récemment encore, d'où l'explication des tremblements de terre de ces parages.

Le géosynclinal circumpacifique de l'époque secondaire, tel que l'a figuré M. Haug, part de la mer d'Ochotzk pour traverser la Sibérie jusque vers l'embouchure de la Léna, laissant ainsi jusqu'au détroit de Behring les territoires de l'extrême Nord-Est faire partie du continent Nord-Atlantique. La géologie de ces pays est très mal connue, et en tout cas cette branche annexe du géosynclinal secondaire est un peu hypothétique et n'a plus rejoué à l'époque tertiaire pour se transformer en géantioclinal plissé, de sorte qu'on retombe à peu près sur les conditions de l'Oural, la région pénésismique du golfe de Taui correspondant exactement à celle de Nijné-Taguïlsk. De ce côté donc encore, la séparation des deux aires continentales est plus apparente que réelle.

Les plateaux parfois montagneux de très ancienne consolidation que sont la Mongolie et la Mandchourie ne sont presque jamais ébranlés par des tremblements de terre, pas plus que la Corée où le Cambrien lui-même n'a guère été dérangé de son horizontalité première.

La Chine est un môle antique contre lequel se sont arrêtés les plissements et les surrections d'âge tertiaire de l'Himalaya et de ses dépendances birmanes. L'architecture plissée y domine dans le Sud entre le fleuve Bleu et le Tonkin, tandis qu'ailleurs les plissements n'ont pas dépassé l'époque primaire. Y existe-t-il des régions sismiques au moins dans l'intérieur, car du littoral il ne saurait être question? Oui, si l'on en croit les vieux annalistes de la cour impériale. Mais il est probable que leurs récits sont empreints d'une forte exagération, traduite par la mention d'innombrables catastrophes de tout genre. Comme depuis plusieurs siècles les documents publiés par les missionnaires n'en relatent pour ainsi dire pas d'origine sismique, on est en droit de révoquer en doute ces anciennes relations de désastres dus à des tremblements de terre, ou que ces phénomènes auraient accompagnés. Autrement la Chine serait le seul pays du monde dont l'homme aurait vu depuis les temps historiques s'éteindre la sismicité. On doit donc admettre, au moins provisoirement, que ce pays ne renferme que des régions pénésismiques en rapport avec son histoire géologique, trop mal connue encore dans le détail pour qu'on puisse entrer davantage ici dans une description même sommaire de ces régions. Qu'il suffise de mentionner que l'on peut soupçonner, comme en Europe et en Amérique, une dépendance entre les districts plus ou moins souvent ébranlés et les bassins houillers.

L'Indo-Chine, où dominent les anciens terrains cristallophylliens, est stable, ainsi que Bornéo, qui termine au Sud-Est le continent sino-sibérien, dont il faisait partie dès les temps paléozoïques, et s'y relie maintenant par une mer plate. Quelques rares sismes d'Haïphong se rattachent peut-être aux dislocations du Carboniférien de la baie d'Along.

L'Asie centrale proprement dite doit son asismicité bien certaine à la très grande ancienneté de sa structure et de sa constitution, car c'est un des massifs continentaux consolidés depuis l'époque la plus reculée peut-être.

### III. — Continent australo-indo-malgache.

Sa dénomination suffit à elle seule à le définir. Le géosynclinal circumpacifique le borne à l'Est, le méditerranéen au Nord jusqu'au golfe Persique, et celui du détroit de Mozambique le sépare de l'Arabie et de l'Afrique.

Tous les géologues admettent que l'Australie, la péninsule indoustannique et Madagascar sont les débris d'une masse continentale constituée entre la fin de l'époque primaire et le commencement de l'époque secondaire et qui, caractérisée par les dépôts d'origine terrestre de la flore gondwanienne à *Glossopteris*, n'a commencé à se morceler définitivement qu'au Crétacé. L'absence de plissements récents explique celle des sismes. Tout au plus pourrait-on citer une région pénésismique sur le flanc oriental et méridional des Alpes d'Australie, en face et non loin des grands fonds de la branche néocalédonienne du géosynclinal circumpacifique, et dans l'Imérina sur le bord du géosynclinal de l'époque secondaire occupant l'emplacement du détroit de Mozambique. Enfin la péninsule de l'Indoustan et l'île de Ceylan sont à peu près asismiques.

#### IV. — Continent africano-brésilien.

L'Arabie, l'Afrique à l'exclusion des pays barbaresques, et le Brésil reproduisent exactement les mêmes circonstances que les terres précédentes, et cet ancien continent morcelé, tout aussi stable pour les mêmes raisons et à cheval sur l'Atlantique du Sud, est limité aux trois géosynclinaux : mozambique, méditerranéen et circumpacifique.

Au Natal, au Mozambique, au Zanzibar et à Mascate, quelques secousses rappellent, comme celles de l'Imérina, le voisinage du géosynclinal secondaire du détroit de Mozambique, mais sans arriver à donner lieu à des régions sismiques. Ce peu d'activité des sismes vient de ce qu'il n'a pas joué le rôle d'ancien géosynclinal transformé en géantoclinal à l'époque tertiaire et qu'aucun mouvement orogénique ne s'est traduit à sa surface. On retombe donc là sur le cas de l'Oural et de la mer d'Ochotzk, de sorte que, de même qu'au Nord du géosynclinal méditerranéen, les deux aires continentales du Sud australo-indo-malgache et africano-brésilienne n'en forment réellement qu'une seule, au point de vue géologico-sismique tout au moins.

Il est très digne d'attention que le principal accident géographique de l'Afrique, c'est-à-dire la ligne des grands lacs équatoriaux, ne présente que des régions pénésismiques, Ounyamouési, Gondokoro, Lado, ce qui tient vraisemblablement à ce qu'il s'agit là d'un trait géologique d'origine très reculée. Par contre, il se continue par l'Abyssinie, où les tremblements de terre sont assez fréquents, sinon destructeurs, jusqu'à la côte de la mer Rouge autour de Massaouah. Cette mer est bien

d'ouverture récente au milieu du massif et se prolonge par le golfe d'Arabah, la mer Morte, la vallée du Jourdan, la Coelézyrie enfin entre le Liban et l'Antiliban, ligne sinueuse de voûtes effondrées par fractures longitudinales dans les assises crétacées non plissées, et où ne se rencontre qu'une seule région d'instabilité tant soit peu notable, la Coelézyrie, car c'est à tort que l'Égypte et l'Arabie ont été considérées comme instables par certains voyageurs ou sismologues. C'est encore à l'absence de plissements qu'il faut attribuer le repos sismique de ces régions et qui s'étend à tout le reste du continent africain.

Dès avant le Miocène, l'Afrique et l'Amérique du Sud étaient séparées, et cet événement n'a laissé de traces que par des abîmes océaniques avoisinant le Rocher Saint-Paul et une région pénésismique s'étendant à l'Est, en plein océan équatorial; on en doit la découverte à l'ingénieur hydrographe Daussy, dont elle porte le nom.

En Amérique, quelques tremblements de terre ébranlent bien Rio-de-Janeiro et Ouro Preto, mais ils n'ont ni grande fréquence ni gravité. C'est aussi le cas de Buenos-Ayres, au Nord de la région très anciennement plissée de la Ventana. A cela se réduit la sismicité de tout le versant atlantique, à l'exception du Venezuela, dont il sera parlé ailleurs, et des provinces occidentales de l'Argentine, de Salta à Mendoza, où une région sismique coïncide avec une chaîne secondaire plissée, comme telle appartenant au géosynclinal pacifique, ainsi que les Andes du Venezuela.

Par conséquent, tout le continent africano-brésilien doit son état de repos sismique à sa condition d'ancienne plateforme continentale non récemment plissée ou disloquée, et transformée depuis longtemps en pénéplaine sur la plus grande partie de sa surface.

## V. — Géosynclinal méditerranéen.

Le géosynclinal méditerranéen, ou la Téthys des géologues, part du raide talus par lequel Java et Sumatra tombent sur les grands fonds de l'Océan Indien, traverse l'Inde par la plaine alluvionnaire indo-gangétique, suit le golfe Persique et la dépression mésopotamienne, puis se prolonge par l'Europe méridionale et la Méditerranée jusqu'à l'Atlantique, du Caucase aux Pyrénées. C'est un des traits les plus notables de la surface terrestre, et il a présenté ce caractère depuis les époques géologiques les plus reculées jusqu'à l'époque tertiaire pendant laquelle il a été le théâtre de mouvements orogéniques gigantesques,

qui en ont fait un géantoclinal, et dont il conserve le souvenir par les tremblements de terre qui l'agitent presque partout. A lui seul il a subi plus de la moitié de ceux relatés dans les catalogues sismiques (52.57 %).

C'est dans le sens indiqué plus haut, de l'Océan Indien aux Pyrénées, que l'on va rapidement esquisser les relations de ces régions éminemment instables avec l'histoire de leurs principales vicissitudes géologiques.

Java est très sujette aux tremblements de terre, sinon partout, du moins en de nombreux points. Or, elle forme le bord méridional d'une dalle continentale coupée à pic sur les abîmes de l'Océan Indien, et qu'au contraire un faible relèvement d'une cinquantaine de mètres rattacherait au Nord à Bornéo, à l'Asie et aux archipels voisins de Sumatra. Ce talus représente une cassure et, d'autre part, le Tertiaire est énergiquement plissé au pied des volcans de la province de Tjéribon. La sismicité générale de l'île se justifie donc à merveille.

Sumatra se trouve dans les mêmes conditions que Java par rapport à la fracture sous-marine; mais, contrairement à ce qui se passe pour cette dernière, les sismes s'y localisent à cette côte seule et aux failles longitudinales de ce versant, tandis que l'opposé, très stable, descend en pente douce vers les archipels malais qui la rattachent à Bornéo et au continent sino-sibérien, dont ils font réellement partie.

La péninsule de Malacca, d'axe archéen, est tout au plus pénésismique autour de Singapore et de Poulo-Pinang; la ride sous-marine sur laquelle sont implantées les Andaman et les Nicobar est peut-être dans le même cas.

La Birmanie est extrêmement instable. C'est qu'elle présente des chaînes secondaires et tertiaires parallèles énergiquement plissées, qui se prolongent dans le Thibet méridional avec sa région sismique de Ba-Thang et celle au moins pénésismique de Yun-nan. On entre véritablement là dans le domaine des plissements tertiaires ou alpins, arrêtés net vers le Nord par la résistance du massif asiatique central.

Entre la Birmanie et le Brahmapoutre s'élève la pénéplaine archéenne de l'Assam, s'abaissant assez doucement au Nord vers le fleuve, mais tombant très brusquement au Sud sur les plaines du Sylhet et du Cachar par un grand pli du Crétacé et du Tertiaire. Ce versant est justement d'une instabilité que ne dépasse celle d'aucune autre région du globe, et les sismes, atténués toutefois, ébranlent le pays jusqu'au défilé par lequel le Brahmapoutre aborde l'Inde au rebroussement de l'Himalaya oriental et des chaînes birmanes plissées.

Le géosynclinal longe ensuite, jusqu'à l'Afghanistan, le pied de l'Himalaya, dont la surrection, si elle avait été dès longtemps préparée, n'en était pas moins à peine terminée à l'époque pléistocène, tellement bien que des géologues indiens veulent même qu'elle n'ait pas encore dit son dernier mot. Quoi qu'il en soit, le plus ou moins d'ancienneté des derniers mouvements explique facilement la grande instabilité de ce versant, Népal, Kumaon, Cachemire et haut Sendjab. Le versant tibétain semble au contraire à l'abri des tremblements de terre, quoiqu'on en ait signalé à Iskardo sur le haut Indus, parce que les mouvements orogéniques n'ont pas entamé l'ancien massif.

L'Afghanistan et le Bélouchistan ont leurs régions sismiques, mais leur géologie est encore trop peu connue pour qu'on puisse faire explicitement intervenir des événements particuliers. Qu'il suffise de faire allusion aux énormes dislocations qui ont donné lieu au rebroussement de l'Indoo-Kooch, et de rappeler que non loin de Quettah un tremblement de terre a, en 1892, réouvert près de Chaman une ancienne faille.

Le bas Indus subit des sismes notables et graves. Tout le monde connaît la formation, en 1819, de l'Allah-Bund, ou digue de Dieu, au travers du delta à la suite d'un tremblement de terre. N'est-ce pas là que la mer jurassique a, dans ces parages, commencé le démantèlement du continent gondwanien ?

Le long du 40<sup>e</sup> parallèle, le géosynclinal projette vers l'Est une branche en cul-de-sac par le Turkestan, le Ferghana, la Dzungarie et la Kachgarie. Les régions sismiques abondent dans tous ces territoires que maintes catastrophes ont éprouvés, et sont de lointaines conséquences de la surrection, à peine terminée à l'aurore des temps actuels, de l'énorme Thian-Chan. En outre, de grandes failles longitudinales y jouent un rôle sismogénique bien défini.

La dépression méditerranéenne passe de l'Océan Indien au golfe d'Alexandrette par le golfe Persique, la Mésopotamie et la vallée de l'Oronte, si célèbre par les désastres d'Antioche. Son bord septentrional est presque partout instable, ile de Kischm, puis chaînes plissées tertiaires de l'Arabistan, du Luristan et du Kurdistan et Arménie tout aussi éprouvée, sinon plus même dans l'Azerbeïdjan. C'est dans ces régions qu'on a toujours localisé le déluge biblique, dont Suess veut faire une catastrophe sismique et cyclonique tout à la fois.

Le géosynclinal englobe aussi la fosse profonde de la Caspienne méridionale où le Mazendéran est au moins pénésismique au pied de l'Elbourz aux sédiments plissés du Devonien au Tertiaire, tandis que



là vient mourir la chaîne, plissée aussi, du Khorassan, si souvent désolé par les tremblements de terre.

Le Caucase est extrêmement instable sur son versant méridional, le plus abrupt et tombant sur la vallée de fracture de la Koura, théâtre des nombreux désastres de Chémakha. Le versant opposé, plus régulièrement plissé cependant, descend en pente moins raide sur la steppe et ne renferme que des régions pénésismiques entre la Caspienne et la mer Noire. Les derniers mouvements du Caucase sont tertiaires ou alpins et se sont propagés à l'Est de la Caspienne par une ride sous-marine jusqu'au massif de Krasnovodsk, son évidente prolongation, et où se rencontre une région sismique importante.

Quelques sismes criméens attestent la continuation des dislocations carpathiques jusqu'au Caucase par delà le Pont-Euxin.

Tout le pourtour de l'Asie Mineure est instable à un haut degré, et les sismes atteignent le maximum d'intensité du Bosphore à Métélin, Brousse, Smyrne, Chios et Samos. Il est inutile d'entrer ici dans le détail de mouvements tertiaires qui, entrant ici en jeu, sont bien connus dans leur ensemble; on se contentera de noter seulement et en passant que si la Paphlagonie crétacée peut être considérée comme se rattachant aux Balkans par la bande houillère et crétacée d'Héraclée, on aurait peut-être là l'exemple d'une région dont l'instabilité est bien provoquée par des mouvements tertiaires, mais dont les secousses sont aussi, et en même temps, l'héritage de dislocations hercyniennes antérieures; il y a superposition des causes sismogéniques. Ce n'est d'ailleurs point un fait unique, les mouvements alpins s'étant exercés sur des géosynclinaux plus anciens.

Les sismes de Chypre rappellent sans doute la présence de la zone de Flysch, généralement instable en avant des plissements tertiaires de l'Europe moyenne.

La Crète plissée n'est guère que pénésismique cependant.

La sismicité du Péloponèse est au contraire extrême, ce que permettait de prévoir sa structure chirographaire résultant de l'effondrement de lobes voisins coupés comme à l'emporte-pièce, et cette observation se vérifie dans la presqu'île Chalcidique, comme à Célèbes. Les plissements dinariques interviennent aussi, et, en outre, les îles Ioniennes, si durement éprouvées, se trouvent sur le bord d'un raide et profond talus sous-marin, probablement dû à une fracture concomitante de l'effondrement pliocène de la Méditerranée orientale. Enfin, des géologues veulent même que la Grèce soit actuellement sous le coup d'une transgression marine en voie de préparation.

Les Cyclades, débris du continent égéen, récemment disloqué et affaissé, sont pénésismiques.

Dans la péninsule balkanique, très instable en plusieurs points, les plissements des terrains secondaires et les effondrements, grâce auxquels des dépressions se sont remplies de dépôts tertiaires, lacustres, suffisent à rendre compte des nombreux tremblements de terre qui s'y font redouter.

Les plissements alpins ont débordé la plateforme russe par les Carpathes, dont le noyau archéen est bordé autour de la plaine hongroise, affaissée par des régions pénésismiques, où certains sismes d'énergie constante sur de très grandes surfaces semblent en relation avec des mouvements d'ensemble.

Dans la Mésopotamie croate, les plis tertiaires se sont heurtés à un ancien massif, et les dislocations résultantes donnent lieu aux centres d'ébranlement bien définis de Diakovar et d'Agram.

Si l'ancien massif serbe est à peu près asismique, par contre la Macédoine, l'Albanie et la Dalmatie sont la proie des tremblements de terre. Or, Suess admet que la ligne Stagno-Pelagosa-Tremiti formait la côte Sud d'une terre miocène occupant l'emplacement du bassin septentrional de l'Adriatique actuelle, tandis qu'à l'Est le prolongement Dulcigno-El Bassan de cette même ligne formait le bord septentrional d'un lac contemporain traversant l'Albanie et la Macédoine jusqu'à Trikkala. Les côtes dalmates si découpées résultent visiblement d'un affaissement représenté jusqu'au Frioul et au Tyrol par ce qu'on a appelé les failles périadriatiques, dues vraisemblablement à l'effort d'affaissement prolongé, préparé sur le continent, mais non suivi d'effet. Tout cet ensemble est sismique à un très haut degré, comme aussi les régions voisines plissées, Istrie, Carniole et Göriz, tandis que la Bosnie et l'Herzégovine sont seulement pénésismiques pour n'avoir guère pris part à ces considérables mouvements récents, contrepartie de la surrection des Alpes.

Toute la ride alpine est instable à des degrés divers, à l'exclusion de son axe archéen et primaire, mais seule la partie orientale présente des régions sismiques. La distribution des tremblements de terre y est trop bien connue, grâce aux travaux des sismologues autrichiens, italiens et suisses, pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter longuement; on se contentera de donner deux faits non signalés jusqu'ici. La zone de Flysch, déposée en avant des plissements alpins dans un ancien synclinal à plusieurs reprises rétréci par l'acte même de la surrection tertiaire, délimite assez exactement une longue bande instable. Ce

synclinal important et le Flysch jouent donc exactement ici le même rôle sismogénique que la traînée des dépôts houillers en avant des plissements carbonifériens, mais pour cette dernière avec une bien moindre intensité en raison de la plus grande ancienneté des phénomènes. Cela revient à dire que les géosynclinaux ont vraisemblablement accaparé les sismes des époques géologiques antérieures à mesure qu'ils se transformaient en géanticlinaux maintenant effacés et ont successivement perdu ce peu enviable privilège au fur et à mesure que, dans le cours des temps, ils étaient remplacés par d'autres plus récents, auxquels ils cédaient en même temps leurs tremblements de terre. De la même façon, les épïcêtres du Sud-Est de la France — Savoie, Vivarais, Dauphiné et haute Provence — occupent presque exclusivement l'emplacement, actuellement relevé, au fond duquel se sont accumulés les sédiments du second étage méditerranéen. Beaucoup d'observations de ce genre pourraient être signalées, mais il faut en réserver le détail aux monographies particulières. Bref le rôle sismogénique des géosynclinaux, et même des synclinaux moins importants, apparaît comme une loi naturelle de tous les temps.

L'Apennin est probablement une des plus jeunes chaînes du globe, car le tertiaire récent y a été relevé à plus de 1000 mètres. Ajoutant à cela l'affaissement de la Tyrrhénide et de l'Adriatide postérieurement au Miocène, la formation en Calabre de golfes lobés au pied de fragments archéens restés fixes, et l'on aura une ample justification de la forte sismicité de nombreuses régions d'Italie.

Si les Pyrénées n'appartiennent point au géosynclinal méditerranéen de l'époque secondaire, tel que l'a tracé M. Haug, ce n'en est pas moins une chaîne plissée dont la surrection date du commencement de l'ère tertiaire, c'est-à-dire un peu antérieurement aux mouvements alpins, qui ont atteint leur maximum au Miocène. Aussi du golfe de Gascogne à celui du Lion n'existe-t-il que des districts pénésismiques.

En résumé, dans cette partie de l'Europe, Pyrénées, Alpes et Apennins seraient, dans leur ensemble, de sismicités croissant dans le sens de leur jeunesse.

Le bassin occidental de la Méditerranée est fermé plus au Sud par la Sierra Nevada en Espagne et l'Atlas tellien en Afrique. Leur surrection, ainsi que l'effondrement méditerranéen simultané et concomitant, sont des phénomènes postéocènes qui expliquent bien l'instabilité des provinces littorales de l'Espagne entre Malaga et Valence et des pays barbaresques. Par contre, la Meseta ibérique et l'Atlas saharien

sont asismiques, comme n'ayant pour ainsi dire point participé à ces mouvements; ils n'appartiennent du reste pas au géosynclinal.

C'est intentionnellement qu'à propos des conditions sismiques et géologiques du continent Nord-Atlantique, il n'a pas été question de l'embouchure du Tage, fort instable, et où le tremblement de terre de 1755 a fait à Lisbonne une réputation à juste titre redoutable. Doit-on supposer là une région d'extrême sismicité, appartenant par conséquent et très exceptionnellement à une aire continentale? Ce n'est pas probable. Il est, en effet, bien avéré maintenant que le grand désastre de Lisbonne a eu son épicentre quelque part en mer, au large du Portugal et du Maroc. Rien n'empêche non plus de supposer qu'il a dû en être de même pour d'autres grands sismes qui ont éprouvé cette ville antérieurement, mais dont les épicentres sont tout à fait inconnus, faute de relations suffisamment circonstanciées. Enfin, ces mêmes parages de l'Océan ont donné lieu à certain nombre de secousses sous-marines. Toutes ces raisons portent à croire qu'il existe dans cette partie de l'Atlantique une région sismique importante, n'appartenant pas à l'aire continentale, mais bien au géosynclinal lui-même, car si tous les géologues admettent que les plissements alpins se sont propagés au travers de l'Océan de l'Atlas aux Antilles, c'est par un trajet maritime complètement inconnu. Il peut donc passer par la région sismique en question, dont la position et l'extension sont d'ailleurs assez mal déterminées. Les mêmes considérations sont aussi applicables aux Açores, que les tremblements de terre visitent souvent. Aussi le géosynclinal serait, au travers de l'Atlantique, jalonné de régions sismiques, puisque, à l'exemple des plissements calédoniens et hercyniens, leurs successeurs alpins se sont étendus à l'Amérique par l'aire continentale immergée après le Miocène, de sorte que les Antilles font réellement partie des deux géosynclinaux. Il est plus naturel cependant d'en réserver la description au géosynclinal circumpacifique que l'on va décrire maintenant.

## VI. — Géosynclinal circumpacifique.

Le géosynclinal circumpacifique se définit de lui-même du cap Horn au détroit de Behring et à la Nouvelle-Zélande. C'est un vaste bourrelet de grandes chaînes plissées de surrection tertiaire autour du Grand Océan, et entouré extérieurement par des terres d'architecture tabulaire ou d'ancienne consolidation, versants orientaux des deux

Amériques, Sibérie, Chine et Australie. Ses flancs intérieurs sont abrupts, surtout dans sa partie américaine, où les chaînes atteignent leur maximum d'élévation, et sur toute sa périphérie les profondeurs océaniques sont considérables à peu de distance des côtes. Cette ride circulaire, morcelée dans sa moitié asiatique, renferme les régions les plus instables du globe, et les tremblements de terre la ravagent sur tout son pourtour, tandis que les volcans s'y répartissent assez régulièrement pour qu'on l'ait appelée le Cercle de feu. Borde-t-elle un continent pacifique effondré, la question est controversée, mais ce n'est pas le lieu de la discuter ici, les raisons d'instabilité sismique y étant par ailleurs surabondantes et au delà. On va la parcourir rapidement du Chili à la Nouvelle-Zélande.

Le Chili est extrêmement instable, sauf au Sud de Valdivia jusqu'aux Terres magellaniques; c'est que dans cette partie méridionale, la chaîne des Andes est fortement abaissée et qu'en même temps les fonds marins se relèvent. Au Nord de cette ville, au contraire, la sismicité la plus intense règne presque uniformément jusqu'au Pérou, ce qui correspond tant aux grandes altitudes de la Cordillère qu'à l'approfondissement de l'Océan, de sorte qu'en plusieurs points, de la crête au fond de la mer, la dénivellation atteint d'un seul jet jusqu'à des 12 000 mètres; ce sont précisément les plus exposés. Les Andes occuperaient dans ces parages l'emplacement d'un ancien golfe ou synclinal jurassique, creusé entre le continent Sud-Atlantique et celui supposé affaissé depuis sous le Pacifique.

La sismicité ne disparaît au Pérou qu'au désert de Sechura, dépression prolongeant le haut Amazone.

Les régions sismiques de l'Écuador et de la haute Colombie se rattachent à celles des Andes vénézuéliennes, plissées et disloquées, et qui dominent d'un côté la fosse affaissée et instable du lac de Maracaybo, de l'autre les sédiments tertiaires et crétacés des llanos, restés à peu près horizontaux et à l'abri des tremblements de terre.

Le géosynclinal, ainsi retourné vers l'Est, remonte par les Petites Antilles, dont la sismicité, grande d'ailleurs, a certainement été exagérée. Il rebrousse ensuite à l'Ouest et englobe l'axe des Grandes Antilles, d'une redoutable instabilité et qui représente une chaîne bifurquée d'axe archéen et de surrection tertiaire au sommet d'un socle enserré de près par les abîmes océaniques, dont les plus connus, les fosses de Bartlett et de Jungfern, atteignent respectivement 6 000 et 8 000 mètres. Au large des Petites Antilles, l'Atlantique est fréquemment ébranlé par des secousses sous-marines formant une région

instable sous la branche immergée du géosynclinal méditerranéen venant du Maroc.

L'isthme du Darien et de Panama récemment émergé à de faibles profondeurs, le Veragua d'axe archéen, la basse plaine tertiaire peu dérangée de la Magdalena et la mer Caraïbe, ou Méditerranée antillienne, sont à peu près asismiques et n'appartiennent pas au géosynclinal. Ce dernier recouvre au Centre-Amérique le Honduras asismique, le Salvador et le Guatémala si souvent désolés, mais il laisse au Sud le Nicaragua nettement plus stable, ainsi que le Costa-Rica tout à fait sismique. Ce dernier pays constituerait donc une anomalie ; mais on peut provisoirement la négliger, la géologie de ces territoires étant trop mal connue pour qu'on puisse affirmer que ces deux régions à tremblements de terre n'appartiennent décidément pas au géosynclinal.

Le Yucatan est une dalle calcaire presque horizontale participant des conditions de repos des Bahamas et de la Floride.

Les traits principaux de l'orographie mexicaine datent du début de l'époque tertiaire, et l'intensité des sismes s'y montre du côté du Pacifique en rapport avec l'amplitude des dislocations qui ont donné lieu à l'énorme relief abrupt du plateau de l'Anahuac, tandis que le versant atlantique, aux pentes moins accentuées, et la dépression du désert de Mapimi, sont presque asismiques, comme aussi la Sierra-Madre occidentale et la Vieille-Californie, dont le squelette est granitique, archéen et primaire.

Le grand bassin fermé du lac Salé de l'Utah, reste bien déchu de l'ancien lac dit de Bonneville, résulte de l'affaissement par escaliers d'une ancienne chaîne plissée, d'où son état pénésismique, tandis que la sismicité des flancs de la Sierra Nevada de Californie provient de ce qu'elle a été isolée du grand bassin par de grandes failles postérieures aux épanchements volcaniques pliocènes et par un plissement commencé vers la fin du Tertiaire ou même au début du Quaternaire seulement. Au contraire les Rocheuses de l'Est sont un très ancien anticlinal dès longtemps émergé, consolidé, à peine entamé par une transgression crétacée, et que les tremblements de terre respectent.

Les Rocheuses canadiennes ont été énergiquement plissées, et l'on y voit le Cambrien chevaucher le Crétacé. Or l'archipel de la Reine Charlotte est vraisemblablement sismique et le Sitka peut-être pénésismique.

L'Alaska, primaire et archéen, est peu sujet aux tremblements de terre ; le Kamtchatka, de constitution et de position analogues de l'autre côté de la mer plate et stable de Behring, n'en subit pas davan-

tage de dangereux. Ces deux presqu'îles sont prolongées par les archipels volcaniques et linéaires des Aléoutes et des Kouriles, où les sismes ne prennent guère plus d'importance, en dépit des énormes profondeurs de l'Océan à leur voisinage immédiat. C'est que ces abîmes du Pacifique, s'ils correspondent à l'effondrement d'un continent hypothétique, du moins ils ne bordent pas une grande chaîne plissée de surrection concomitante et récente, et la fracture, si elle a vraiment eu lieu, n'a favorisé que les phénomènes volcaniques à l'exclusion des sismes, exemple bien frappant de l'indépendance des deux ordres de manifestations.

Saghaline est à l'abri des tremblements de terre. Elle participe de la constitution en bandes sédimentaires non plissées et de la stabilité du Nord de l'île d'Yezo. A peine si dans le Sud Korsakoff est quelquefois ébranlé, peut-être par suite du voisinage d'un ancien synclinal carboniférien.

Le Japon doit être considéré comme un des pays classiques des tremblements de terre depuis que leur étude y a pris un si admirable développement dans ces trente dernières années. C'est un territoire morcelé dont l'axe archéen est flanqué à l'Ouest de sédiments de tous les âges, tertiaire compris, plongeant sur la mer de Corée plate et affaissée, qui le sépare du continent sino-sibérien. A l'Est, il est constitué par des couches primaires et secondaires plissées et relevées aux bords abrupts de la fosse de Tuscarora descendant à plus de 8 000 mètres. Le versant occidental est de beaucoup le plus stable et les tremblements de terre ne s'y font sentir avec quelque intensité que le long des failles longitudinales parallèles à l'axe montagneux et autour de golfes découpés en lobes affaissés dans les terrains anciens, rappelant ainsi à ces deux points de vue leurs analogues du littoral tyrrhénien de l'Italie méridionale. Pendant son long séjour au Japon, J. Milne a fait cette découverte importante que sur la côte orientale, presque tout entière sismique au suprême degré, les secousses ont pour un grand nombre leurs épacentres sous-marins et situés soit sur le talus de la fosse, soit sur son intersection avec le fond de l'Océan, c'est-à-dire en définitive sur la lèvre de l'énorme fracture supposée. Cette observation s'étend à plusieurs autres régions sismiques, où se retrouvent des circonstances analogues, le Chili par exemple. La dépression centrale du Japon, la *Fossa Magna* de Naumann, joue aussi un rôle sismogénique de premier ordre.

L'archipel pénésismique de Liou-Kiou, et Formose, peut-être sismique au Sud, prolongent l'arc japonais en avant du continent

asiatique et au bord des grands fonds océaniques. Leur géologie est encore trop peu connue pour qu'on puisse rien dire de plus de ces parties du géosynclinal.

Les Philippines et Mindanao sont tout aussi exposées aux tremblements de terre que le Japon. Ces îles s'élèvent de grandes profondeurs et ont formé un archipel dès le commencement de l'ère primaire. De la période secondaire, on ne sait rien. Ensuite, après le dépôt des lignites de Cebù, se produisit un affaissement, puis un énergique plissement, écho des mouvements contemporains de l'Europe et de l'Asie à la fin de l'Éocène, et auquel succéda le relèvement d'une terre reliant les îles à Bornéo. Le milieu du Miocène fut marqué par un nouvel affaissement réduisant Luzon et Mindanao à l'état de groupe de petites îles, mais bientôt une lente surrection, à peine terminée peut-être, remplaçait ce peu durable état de choses. Tous ces mouvements récents et variés, et ce plissement au bord d'une mer extrêmement profonde à l'intérieur comme à l'extérieur de l'archipel, rendent bien compte d'une instabilité d'ailleurs irrégulièrement distribuée.

Les conditions sismiques et géologiques des Moluques sont tout à fait comparables à celles des Philippines, avec cette circonstance aggravante de la structure chirographaire de Célèbes et d'Halmaheira. Les plissements tertiaires de Java s'y prolongent par la chaîne des îles à l'Est de Bali et ils ont aussi affecté Célèbes. Une opinion unanime fait de ces îles les homologues des Antilles et de la mer des Moluques le pendant de la Méditerranée caraïbe. Ajoutant à cela que c'est la seconde intersection des deux géosynclinaux, leur grande instabilité ne sera pas pour surprendre.

La côte Nord de la Nouvelle-Guinée est probablement pénésismique en général, et sismique seulement à son extrémité orientale, ainsi qu'à l'archipel Bismark. Qu'on admette avec les uns qu'il s'agit là de rides accumulées contre le massif résistant et fixe de l'Australie, que l'on préfère y voir, comme d'autres, avec les îles au Sud-Est, les restes d'une grande cordillère presque complètement submergée d'un continent pacifique lentement affaîssé, ou que l'on songe enfin à une surrection à peine terminée, et seule capable d'expliquer, comme aux Fidji, la disposition étagée des terrasses coralliennes successives, de toutes les manières on a affaire à des îles surgissant de grandes profondeurs indiquant de gigantesques dérangements et soumises à des mouvements d'importante amplitude depuis une époque peu reculée. Leurs tremblements de terre se justifient donc bien.

Le géosynclinal circumpacifique se termine en apparence à



la Nouvelle-Zélande, généralement pénésismique, mais nettement sismique au détroit de Cook, région où un tremblement de terre de 1855 paraît avoir donné lieu à une dislocation résultant d'un mouvement de bascule. Ces îles présentent toute la série sédimentaire au pied d'une chaîne extrêmement ancienne, puisque dès le Jurassique elle était déjà en butte à la dénudation. La chaîne est stable; c'était à prévoir. Les territoires sédimentaires sont pénésismiques, comme non plissés, mais d'émergence récente et ayant subi plusieurs mouvements de sens inverse à l'époque tertiaire. Enfin les abords du détroit de Cook sont très instables, parce que c'est une rupture non ancienne de la ride en deux tronçons.

## VII. — Océan Pacifique.

La question d'une aire continentale ayant occupé l'emplacement du Grand Océan est très discutée, mais sa solution définitive ne saurait avoir la moindre influence sur le problème étudié ici, puisque l'on ne rencontre sur son immense surface qu'une région pénésismique, celle des Sandwich, et une seule sismique, les Mariannes. D'un autre côté, si l'on tient compte des abîmes sous-marins et des rides qui en accidentent le fond justement dans les parages de ces îles, on peut se demander si l'on ne se trouverait pas là en présence d'un prolongement non encore émergé du géosynclinal méditerranéen. Il serait en effet surprenant que ce cercle de plus grande mobilité de l'écorce terrestre ne se fermât point sur lui-même au travers du Pacifique. Dès lors les Mariannes, au lieu de constituer une anomalie, lui appartiendraient réellement, à moins qu'elles ne forment une branche annexe du géosynclinal circumpacifique, en prolongement de l'arc japonais, tout comme la branche turkestane du géosynclinal méditerranéen, mais où ferait défaut une surrection analogue à celle du Thien-Chan. Quoi qu'il en soit, la géologie et l'histoire du Pacifique sont encore trop obscures pour que l'on puisse se prononcer en toute connaissance de cause.

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉAMBULE . . . . .	243
I. Continent Nord-Atlantique . . . . .	249
II. — sino-sibérien . . . . .	253
III. — australo-indo-malgache . . . . .	254
IV. — africano-brésilien . . . . .	255
V. Géosynclinal méditerranéen . . . . .	256
VI. — circumpacifique. . . . .	262
VII. Océan Pacifique. . . . .	267

