

L'INFLUENCE SÉISMOGÉNIQUE DE CERTAINES STRUCTURES GÉOLOGIQUES EN CHINE.⁽¹⁾

PAR WONG WEN-HAO

I. LES MATÉRIAUX ET LA MÉTHODE D'ETUDE.

LES TREMBLEMENTS DE TERRE EN CHINE.

Le comte de Montessus de Ballore a fait, dans sa géographie séismologique, les plus expresses réserves⁽²⁾ sur la séismicité de la Chine. Il croit qu'une grande séismicité n'a pas été confirmée par des observations systématiques, et qu'on pouvait le prévoir pour un antique massif à peine affleuré par les mouvements tertiaires. Il taxerait volontiers d'exagération les anciennes chroniques chinoises qui rapportent un grand nombre de cataclysmes.

Pour tous ceux qui connaissent la manière dont ces anciennes chroniques ont été écrites, et la mentalité chinoise vis à vis des tremblements de terre considérés de tout temps comme un fâcheux présage au discredit du pouvoir régnant, il y a peu de raison de douter de l'authenticité des secousses mentionnées. Les séismes souvent désastreux des années récentes viennent d'ailleurs confirmer la haute séismicité de certaines régions qui sont précisément celles pour lesquelles les annales historiques ont signalé une grande fréquence ou intensité séismique.

Les tremblements de terre ont été notés, depuis la haute antiquité, par l'histoire chinoise, de même qu'elle a noté les éclipses de soleil et de lune ou d'autres événements naturels. Depuis la dynastie des Mings, soit la dernière moitié du quatorzième siècle, ils sont mentionnés non seulement dans l'histoire générale de l'empire, qui signalait surtout les grandes secousses ou celles senties dans la capitale, mais aussi et souvent avec beaucoup de

(1) Ce travail a été présenté au Congrès Géologique International de Bruxelles en 1922. Un résumé a été lu le 15 avril 1922 devant cette société et imprimé dans ce bulletin vol I. p. 33. Nous le publions ici au complet à cause de l'intérêt qu'il présente à ce moment où les tremblements de Terre attirent l'attention de beaucoup de monde.

(2) Géographie séismologique, 1906, pp. 137-142.

détails par les chroniques locales des provinces, préfectures et sous-préfectures. Ces documents historiques deviennent encore plus complets dans la dynastie des Ts'ing (1644-1912), et fournissent par conséquent des renseignements précieux sur la distribution géographique de la sismicité.

Le catalogue⁽¹⁾ basé sur ces matériaux compilés par le P. Pierre Hoang et complété par les P. P. Tobar et Gauthier mentionne 3394 tremblements de terre pour les 3663 années entre 1767 avant J. C. et 1896 après J. C. sans compter les répliques qui puissent être reconnus comme telles. J'ai ajouté à cette liste déjà longue 75 mentions de plus pour la seule province du Kansou⁽²⁾, portant aussi le nombre total des tremblements de terre historiques à 3469. Ce n'est certainement pas le résultat final.

L'observatoire sismologique de Zi-ka-wei près Changhai, a signalé dans ses bulletins⁽³⁾ une cinquantaine de macroséismes en Chine entre 1905 et 1911.

Depuis 1912, l'année en laquelle la République chinoise a été proclamée, la Chine a été visitée par plus d'une dizaine de tremblements de terre parmi lesquels les trois les plus destructeurs⁽⁴⁾ ont été étudiés en détail par le Service Géologique de Chine. Ce sont ceux de 1917, 1918 et 1920.

Il est donc bien certain que les secousses séismiques sont assez fréquentes et parfois très violentes en Chine. C'est à la géologie d'en trouver les causes déterminantes lors même que le cas doit constituer une anomalie unique du monde comme l'a pensé Montessus de Ballore⁽⁵⁾.

LA RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES REGIONS ÉPICENTRALES ET LA CARTE SÉISMIQUE.

Pour chercher la cause géologique des tremblements de terre, il faut tout d'abord, connaître la répartition géographique des centres d'instabilité.

-
- (1) Catalogue des tremblements de terre signalés en Chine d'après les sources chinoises, 1913.
 - (2) On historical records of earthquakes in Kansu, Bull. of the Geol. Survey of China, No. 3, 1921, pp. 27-43.
 - (3) Bulletin des observations, sismologie, 1905-1911.
 - (4) A ceux là il faut maintenant ajouter le séisme violent du 24 mars 1923 dont le centre est situé entre Tao Fou et Lou-Ho dans la province de Tchuanpien (川邊), voir Notes de Sismologie N°4.
 - (5) Op. cit. p. 142.

C'est encore Montessus de Ballore qui a établi le premier la carte sismique⁽¹⁾ de la Chine montrant les régions épicentrales marquées par des cercles noirs dont le diamètre est proportionnel à la fréquence sismique. Celle par les P. P. Tobar et Gauthier⁽²⁾ est plus détaillée montrant la localisation par provinces et préfectures, de tous les séismes historiques, forts et faibles, par rapport aux lignes tectoniques ou plutôt orographiques. Plusieurs régions sismiques explicables par leur structure tectonique particulière sont mises en évidence par ces deux cartes; mais elles ont le même défaut de ne tenir aucun compte de l'intensité des ébranlements en acceptant la fréquence comme le seul criterium de la sismicité. Or les documents historiques sont très inégalement complets pour les régions différentes. Les secousses même très faibles sont soigneusement notées pour les capitales ou des cités importantes, tandis que celles des régions éloignées ou politiquement peu importantes peuvent être complètement laissées de côté par des annalistes, à moins qu'elles ne se signalent par des destructions sérieuses. Cela explique pourquoi les cartes sismiques mentionnées montrent plusieurs centres d'instabilité coïncidant avec les grandes villes telles que Pékin, Si-an, Lo-yang, Ou-chang et Nanking etc.

Omôri⁽³⁾ indique sur sa carte sismique de la Chine deux cercles épicentraux A et B dont les centres sont respectivement placés au Nord du Chensi-Kansou et au sud du Setchuan. Nous allons voir dans la suite que les régions sismogéniques sont réellement situées au Chensi et au Kansou, et il semble que rien ne justifie l'identification d'un épicentre important au nord du Chensi. Il est aussi difficile à comprendre pourquoi la zone méditerranéenne ou himalayienne doit-elle passer, comme l'a fait Omôri, par le sud de la Chine quoique cela lui ait permis à prédire la secousse destructrice de Swatou en 1918. La côte du Koangtong et du Fu-kien constituée principalement par granite et gneiss, et généralement admise comme un élément continental ancien; semble n'avoir rien de commun géologiquement avec la chaîne de plissement himalayien.

(1) Op. cit. p. 139.

(2) Op. cit. Livre II.

(3) Bull. of the Imp. Earthq. Invest. Comm. Vol. I, 1907, reproduit dans observation in Tokyo of the Kansou Earthquake of Dec. 16, 1920, Seismological notes No. 1, 1921 p. 7.

Pour chercher la nature de la structure géologique qui a donné naissance aux ébranlements séismiques, il importe de savoir, non pas précisément les régions qui ont été les plus souvent ébranlées par des mouvements indistinctivement autochtones ou allochtones, mais bien celles d'où sont partis ces ébranlements, c'est à dire les régions épacentrales, ou pléistoséistes. Ces dernières peuvent être, en général, reconnues avec sûreté par les effets les plus sévères⁽¹⁾ produits par les ébranlements. Dans les chroniques chinoises, les tremblements de terre sont souvent décrits avec assez de détails pour qu'on puisse former une idée suffisante de leur intensité; beaucoup d'entre eux sont même simultanément mentionnés dans un grand nombre de régions⁽²⁾ de sorte à rendre possible la localisation des régions épacentrales.⁽³⁾ Parmi les quelque 3500 secousses historiques, j'ai trouvé environ 250 dont les centres peuvent être ainsi, au moins approximativement, déterminés. Le sens vague des noms géographiques employés dans les annales anciennes n'a pas permis de délimiter plus étroitement ces régions que la carte séismique ci-jointe qui montre des zones séismogéniques assez étendues comprenant peut-être chacune plusieurs foyers indépendants; mais le fait que les foyers se groupent naturellement en certaines zones est une preuve en lui-même de l'existence, dans l'écorce terrestre, des compartiments plus ou moins entiers qui ne sont pas encore arrivés en état d'équilibre.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES STRUCTURES SÉISMOGÉNIQUES.

De la distribution géographique des centres séismiques mise en évidence par la carte séismique, on peut conclure à la distinction de quatre types principaux de structure géologique qui ont joué des influences séismogéniques en Chine.

1. Les fractures radiales, c'est à dire à déplacement vertical, préférablement des failles périphériques limitant des aires déprimées ou des

-
- (1) Certains phénomènes tels que le bruit souterrain, les fissures du sol même avec jaillissement d'eau, pour extraordinaires qu'ils soient, n'indiquent pas toujours la plus haute intensité séismique. Voir mon article "on historical records of Earthquake in Kansu" p. 33-34.
 - (2) Les descriptions sont parfois assez nombreuses and circonstanciées pour qu'on puisse reconstituer les isoséistes p. ex. le tremblement de terre du Chiangtong au 25 juillet 1663.
 - (3) La carte séismique ci-jointe a été spécialement préparée pour ce bulletin. D'autres figures sont supprimées ayant été publiées ailleurs. Voir l'ouvrage en chinois 地震 (商務印書館百科小叢書)

fosses d'effondrement. Ce type de structure joue une influence séismogénique la plus importante et peut être aussi la mieux caractérisée en Chine.

2. Les côtes disloquées surtout là où elles sont coupées par des affaissements.

3. Les rebroussements et les décrochements des montagnes surtout remarquables le long de la chaîne de Tsin-ling.

4. Les chevancements ou charriages des masses importantes.

Outre ces quatre types qu'on peut reconnaître facilement dès maintenant, il y a encore d'autres régions, aussi remarquable par leur instabilité mais pour lesquelles il est encore difficile de préciser la nature de la structure séismogénique.

II. FRACTURES RADIALES PROVOQUANT DES EFFONDEMENTS.

LE FOSSÉ WEI-HO-FEN-HO.

C'est une zone déprimée limitée par des failles normales périphériques, correspondant approximativement aux vallées du Wei-ho et du Fen-ho et, peut être, se prolongeant encore plus loin vers le nord-est au-delà de la grande muraille.

La structure en graben du cours moyen du Fen-ho entre Ho-hien et Ping-yang-hien a été déjà nettement reconnue par von Richthofen⁽¹⁾ et Bailey Willis⁽²⁾. Ce graben est limité à l'est par la grande faille de Ho-chan qui a soulevé le massif archéen de cette montagne à la hauteur de 700 m, au-dessus de la plaine dont le fond est constitué par le terrain houiller. Le plus grand rejet de cette faille à l'est de Ho-hien a été justement estimé à 2500-3000 m. par Bailey Willis. Au sud de Ping-yang (maintenant appelé Ling-fen), la faille semble se dédoubler en deux branches: l'une parallèle au cours inférieur du Fen-ho et formant sa rive gauche, l'autre dans une direction presque parallèle au sud de Sou-choei. Au nord de Ho-chan, cette faille se termine et presque se joint avec la faille de Lo-yun-chan qui limite le graben à l'ouest. Cette dernière est remarquablement continue sur une

(1) China Vol. II 1882 p. 457.

(2) Research in China part 1. 1907, p. 175-177 Plate XXIII.

longueur de plus de 180 km. à partir du nord de Ho-hien se prolongeant vers le sud-ouest jusqu'au fleuve jaune. A l'ouest de Tchao-cheng la faille passe entre le houiller carbonifère, qui affleure aux collines à la limite de la plaine, et le calcaire ordovicien au flanc de Lo-yun-chan qui s'élève rapidement jusqu'à plus de 1000 mètres au-dessus de la plaine. C'est un anticlinal qui s'est fracturé suivant son axe avec l'effondrement à l'est. Le déplacement vertical a été estimé à 600 mètres par Bailey Willis, mais d'après les levées plus détaillées de T. C. Wang, (1) on arrive facilement au chiffre de 1000 mètres. Et il paraît que ce déplacement se maintient, s'il n'augmente pas encore, vers le sud-ouest.

Tandis que le graben du bas Fen-ho semble se fermer entre Ho-hien et Ling-chih; une autre zone déprimée s'ouvre au nord de ce dernier district et s'étend jusqu'au delà de Tai-yuan, le chef lieu du Chansi.

A l'ouest de cette zone, l'existence de faille normale entre Tai-yuan et Wen-choei a été reconnue par tous les géologues qui ont passé par cette région; mais différentes explications (2) ont été données au déplacement brusque des terrains carbonifères entre Wen-choei et Feng-Yang. D'après la carte de T. C. Wang, ce serait une faille transversal qui a donné lieu à un mouvement horizontal d'au moins 17 km des deux lèvres.

A l'est de cette zone, la faille de Ki-Tcheou-Chan est facilement reconnaissable par la falaise brusque qui s'élève à 1000 m. au-dessus de la fosse effondrée (3). Celle-ci continue vers le nord jusqu'aux environs de Tai-Tcheou. Sauf un léger relèvement à Chih-ling, la fosse est entièrement couverte de loess et de dépôt alluvial entre deux falaises, à l'est et à l'ouest, constituées de calcaire ordovicien ou de roches métamorphiques anciennes.

Toute la zone depuis le cours supérieur de la rivière Hou-to (Hu-to) jusqu'au coude de Fen-ho près de Tai-yuan est ainsi formée par un long effondrement; l'absence de cours d'eau entre Ting-hiang et Tai-yuan semble être simplement due aux phénomènes de capture d'âge assez récent.

(1) Carte Géologique du Chansi à 1/100,000 inédite.

(2) Willis: Research in China, vol. I pp. 172-174.

(3) Willis: op. cit. pp. 191-194, 215-234.

Une ligne de hauteur sur laquelle est bâtie la grande muraille sépare le Chanai central du Chansi septentrional. Dans ce dernier il existe encore une zone effondrée passant par Chan-in, Hoai-jen, et Ta-tong prolongeant vraisemblablement dans la même direction l'affaissement du Fen-ho et du Hou-to-ho supérieur.

Revenons maintenant au sud du Chansi. La faille de Lo-yun-chan passe probablement à travers le Hoang-ho et continue dans la direction du nord-ouest par la rive septentrionale du Wei-ho. Cette dernière est très vraisemblablement constituée, d'après les travaux de reconnaissance⁽¹⁾ faits pour la recherche de pétrole en 1914, par une grande zone de flexure localement fracturée. Au sud du Wei-ho, les montagnes de Tsin-ling et de Hoa-chan s'élèvent abruptement au-dessus de la plaine formant, surtout la dernière, un escarpement des plus caractéristiques. Bailey Willis⁽²⁾ a déjà montré la nature fracturée et l'âge récent de cette ligne tectonique.

Nous avons ainsi une zone d'effondrement d'une longueur totale de 800 km. avec des interruptions locales relativement peu importantes; c'est cette zone qui renferme des épacentres ayant donné naissance aux ébranlements des plus violents. À côté de ce grand affaissement allongé, signalons le petit bassin de loess de Tchang-tche⁽³⁾ limité aussi par des failles périphériques produisant infailliblement des secousses séismiques.

Les tremblements de terre destructeurs qui ont pris origine, dans le temps historique, dans la zone effondrée définie ci-dessus peuvent être résumés par le tableau suivant.

Année	Région épacentrale	Description sommaire	Degré d'intensité (4) (approximatif)
466 B.C.	Kiang-hien 絳縣	Edifices tremblant; bcp. morts	X
7 A.D.	Si-an 西安 et 35 villes d'environ	Murailles de plus de 20 villes détruites, 415 morts signalés	X

(1) Notamment par MM. Fuller et Clapp, rapports inédits.

(2) Op. cit. p. 179 et 180.

(3) Carte de T. C. Wang reproduite dans W. H. Wong, the mineral resources of China Mem. Geol. Surv. China Ser. B. N°1, 1920 p. 178 carte.

(4) D'après l'échelle Rossi-Forel en ajoutant un degré XI pour désigner les destructions particulièrement désastreuses.

171	Ho-hien 霍縣	Grande fissure du sol.	IX?
649	Ping-yang 平陽	Plus 5000 morts	X
712	Tai-yuan 太原, Fen-yang 汾陽, Kiang-hien 絳縣	Maisons détruites; plus de 100 morts	X
756	Tohao-i 朝邑	Habitations détruites	IX
793	Pou-tcheou 蒲州 (Le coude du Huang-ho)	Murailles et maisons détruites	X
867	Pou-tcheou et Ping- yang	Maisons détruites; quelques morts	IX
1022	Ta-tong 大同	Maisons renversées; affaissement du sol	IX
1037	Hin-tcheou, 忻州 Tai- yuan; et Tai-hien 代縣	20,000 morts à Hin.....	XI
1072.	Hoa 華縣	Affaissement partiel de Chao- hoa-chan	X (?)
1102	Tohang-tche 長治	Muraille, maison détruites; bep. morts	X
1209	Feou-chan 浮山	Muraille et 80% maisons détrui- tes; 2000-3000 morts	X
1291	Ping-yang	10800 habitations démolies; 500 morts	X
1303	Tchao-tcheng, 趙城 Ping-yang et Hiao-yi 孝義	Grands éboulements de monta- gnes; bep. morts; tribunaux et habitations détruits	XI
1304	Ping-yang	Maison de nouveau détruites	X
1305	Ta-tong, 大同 Hoai-jen 懷仁	Maisons grd et pit détruites; plus de 2000 morts; éjection de sources	X

1342	Tai-yuan	Crevasses large; maisons démolies	X
1351	Chansi central	Maisons détruites, bcp. de morts	X
1352	Ho-hien	Pierres de Ho-chan lancées à plusieurs lis.	IX (?)
1353	Fen-yang 汾陽	Crevasse de Pé-piao-chan 白彪山	IX
1366	Chansi central	Morts d'hommes	X
1467	Ta-tong, Cho-hien 朔縣	Murailles détruites	IX
1487	Ouest du T'oén-lieou 屯留	Aff. de montagnes, maisons détruites, 1900 morts	X
1497	Tai-yuen, Toen-liéou	Mouvement de barque chavirant; tuiles tombées	VIII
1501	Tchao-i, Pou-tcheou (Yung-tsi 永濟)	5485 maisons démolies; 170 morts; 8 jours	X
1506	Tong-tcheou 同州 (près Tchao-i)	Bruit de tonnerre; bcp. maisons détruites	X
1545	Hiao-yi	Maisons démolies; bcp. morts	X
1555-1556	Très étendue, surtout à Hoa, Tchao-i, San-yuen 三原 et Pou-tcheou	En total 800.000 morts dans Chansi, Chensi et Kansou; Villes détruites; aff. de montagnes; fissures du sol etc.,	XI
1568	Si-an, Ling-tong 臨潼 Kao-ling 高陵	Murailles & maisons complètement renversées sans reste; ébranlement senti loin	XI
1580	Cho-ping 朔平	Muraille démolie	X
1638(1)	Si-an, Pé-choei 白水	Muraille, tertres et maisons entièrement démolies	XI

(1) L'absence de séismes importants durant le long interval entre 1695 et 1830 est explicable peut-être par le silence intentionnellement gardé par les chroniqueurs à la suite de la révocation du gouverneur de la province après son rapport sur le tremblement de terre de 1695.

1695	Ping-yang	Muraille, maisons détruites; XI bcp. de morts; toutes maisons détruites
1830	Chansi (Tai-yuan?)	Bcp. édifices détruites; bcp X morts; repliques nombreuses

En commençant par le septième siècle, on compte au moins 32 tremblements de terre destructeurs pendant 1181 ans, soit un grand tremblement de terre tous les 37 ans. Les régions épacentrales des mouvements les plus violents sont: 1° la région où se joignent les trois rivières, Wei, Hoang et Fen et qui semble être l'origine du grand séisme de 1555-1556 qu'Omôri a justement considéré comme le plus désastreux connu dans l'histoire si les détails mentionnés sont exacts. L'influence séismogénique de cette région est facile à comprendre puisque là se rencontrent plusieurs grandes failles parmi lesquelles celle de Hoa-chan est certainement un des accidents les plus récents en Chine septentrionale; 2° celle de Ping-yang et les environs comme Tchao-tcheng et Ho-hien, c'est la fosse limitée par les failles de Ho-chan et Lo-yun-chan dont nous avons déjà évalué les rejets considérables; enfin 3° celle de Hin-tcheou dont l'importance séismique s'est surtout signalée par la secousse violente en 1038.

LES ZONES FRACTURÉES PÉRIPHÉRIQUES DE LA PLAINE COASTALE

La grande plaine alluviale qui s'étend dans le Tcheli, le Honan, et le Chantong est bordée à l'ouest par la chaîne presque N.N.E.-S.S.W. de Tai-hang-chan, au nord par un massif qui correspond approximativement avec ce que von Richthofen⁽¹⁾ a appelé la chaîne de Nan-kou, à l'est par le massif du Chantong et enfin au sud par le prolongement oriental de Tein-ling qui s'est ici déjà considérablement abaissé. Conformément à la loi générale, la grandeur de séismicité de ces quatre chaînes limitrophes est proportionnelle à la raideur de leur pente. Leurs caractères individuels seront décrits séparément.

Tai-hang-chan—C'est la chaîne constituée principalement par le calcaire ordovicien et séparant la plaine alluviale du grand bassin houiller du Chansi. La hauteur s'élève rapidement à plus de 1000 mètres audessus de la

(1) Op. cit. pp. 292-295.

plaine. En général c'est une zone de grande flexure monoclinale; on rencontre en descendant de la montagne à l'est d'abord le calcaire ordovicien, ensuite le houiller carbonifère s'inclinant conformablement vers la plaine. C'est ainsi que le pied de Tai-hang-chan est longé par une série de champs houillers parmi lesquels les mieux connus sont ceux de Lin-tcheng, Tse-hien, Liou-ho-kou et Sieou-ou. Les terrains sont coupés par des failles longitudinales avec des rejets variés de sens et de grandeur. Dans certaines sections cependant la flexure passe franchement à des failles normales avec la lèvre affaissée à l'est. C'est le cas par exemple, à l'ouest de Tcheng-ting où les terrains pré-cambriens s'inclinant vers l'ouest sont brusquement élevés au-dessus de la plaine.

L'influence sismogénique de cette zone fracturée est plus faible mais non moins nette que le fossé de Wei-ho - Fen-ho comme le montrera le tableau suivant.

Année	Région épiscopale	Description sommaire	Degré d'intensité
777 A.D.	Tcheng-ting 正定	Secousses 3 jours; 100 victimes	X
876	Pao-ting 保定	Secousses 15 j.; Mur. maisons entièrement détruites; bcp. morts; aff. du sol	X
1011	Tcheng-ting	Murailles et fortification détruites	X
1289	Pao-ting	Affaissement du sol, Habitat. riches et pauvres détruites; plusieurs dizaines de mille morts	XI
1314	Ou-an 武安 et Ché-hien 涉縣	Tribunaux et maisons détruits; 41 morts à Ou-an, 326 à Ché-hien	X
1587	Tchang-té 彰德, Wei-hoei 衛輝 Hoai-king 懷慶	Muraille, tours et bcp. de maisons détruites	X

1624	Pao-ting	Mur. int. et ext. détruites	X
1631	Tchang-té	Bcp. maisons détruites; secousses un mois; crevasse du sol.	X
1830 mai 13.	Ping-siang 平鄉	Bcp. maisons renversées	X
1830 mai 15.	Tse-hien 磁縣	Toutes mur. et maisons complètement détruites; victimes plusieurs dizaines de mille; répliques continuant un an.	XI
1830 juin 13.	Sieou-ou 修武	Maisons renversées	IX

On ne compte donc ici qu'un grand tremblement de terre par 96 ans. Les trois dernières secousses de 1830 ne sont peut-être que des répercussions d'un seul mouvement qui a été aussi vivement senti dans les provinces de Tcheli, Chansi, Honan et Chantong.

La chaîne de Nan-kou—Par ce nom nous désignons le massif élevé qui limite au nord la baie de Pékin suivant une direction W-E. D'après l'idée de L. F. Yih⁽¹⁾, il existe, *grosso-modo*, un axe anticlinal passant par le nord de Mi-yun 密雲 et de Ts'uen-hoa 遵化. Des deux côtés de la région axiale constituée par le gneiss archéen, se développent le quartzite et le calcaire siliceux de l'algonkion; ce sont ces terrains algonkiens de l'aile sud qui forment l'escarpement abrupt sur la plaine. Cet escarpement marque probablement une zone faible par laquelle la plaine s'est affaissée. Il est aussi caractérisé par des intrusions granitiques qui atteignent un grand développement au nord de Nan-kou. L'algonkion ou le système de Nan-kou se montre aussi plus développé au nord-ouest de Nan-kou; la région gneissique ne se retrouve qu'à Siuen-hoa 宣化 et Long-kouan 龍關. La structure est cependant beaucoup compliquée par des dislocations, parmi lesquelles il faut mentionner surtout celles qui produisent la dépression de Hoai-lai. Il existe en effet une étroite zone déprimée, remplie d'alluvium récent, longue de plus de 70 km.

(1) The Geology of the Western Hills of Peking, Mém. Geol. Surv. of China, sér. A. No. I, 1920, pp. 54-56, pl. XV.

entre Yen-k'ing 延慶 à l'est et Tcho-lou 涿鹿 à l'ouest. Dans cette zone coulent le Sang-kan-lo 桑乾河 d'un côté et le Hœi choéi-ho 媯水河 de l'autre, tous deux confluent au Yung-ting-ho. Physiologiquement, il y a toute raison pour y voir un fossé d'effondrement et c'est bien ce que révèle l'instabilité sismique. Dans le tableau suivant, seront groupés tous les séismes destructeurs aux environs de Pékin.

Année	Région épacentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
294	Tcho-lou 涿鹿	Jaillissement d'eau, plus de 100 morts	X
1058	Nord de Tche-li	Murailles détruites; plusieurs dizaines de mille morts	XI?
1339	Hœi-lai, Yen-k'ing et Choën-y 順義	Maisons riches et pauvres détruites	X
1484	Sien-hoa etc.	Bcp. murailles détruites	X
1621	Yung-ts'ing 永濟 An-tze 安次	Muraille moitié renversée; toutes maisons détruites	X
1624	Environs de Péking	Pls. secousses; palais ébranlés; maisons détruites à Loan-tcheou 灤州 et Ki-Teheou	X
1665	Choën-y, An-tze et Tchang-ping 昌平	Maisons inclinées; murs renversés; l'eau débordant	IX
1679	Ki-tcheou 霸州 et environs	Bruit fort; maisons renversées; Bcp. morts; fissures du sol; pls. secousses	X
1720	Hœi-jéou 懷柔 Mi-yun 密雲 etc	Muraille détruite; Bcp. maisons renversées	X
1730 30 sept.	Environs de Pékin	Distribution de secours aux habitants et soldats	X
1882	id	Démision du Ministre Wang	IX(?)

Du tableau précédent on obtient en moyenne un grand séisme par 144 ans. Les foyers séismiques sont assez clairement distribués suivant la zone d'escarpement et le fossé de Hoai-lai. Les fortes secousses signalées de Yung-ts'ing et An-tze au sud-est de Pékin semblent seules échapper à la règle; peut-être elles révèlent l'existence des dislocation séismogéniques cachées sous la plaine, ou bien elles prennent origine dans d'autres régions au nord dont les descriptions nous manquent.

Le massif de Chantong—Le massif du Chantong s'émergé de la grande plaine comme une île au-dessus des eaux. Les terrains paléozoïques recouvrant presque horizontalement le gneiss archéen sont coupés par une série de failles plus ou moins parallèles, la direction prédominant étant de N. W. à S. E. Ce sont des failles en escalier dont la descente se fait presque toujours du côté de S. W. Par un mouvement de "tilting" le calcaire combro-ordovicien ou même le houiller carbonifère s'incline doucement vers N.E. contre les failles en laissant apparaître derrière le gneiss archéen. Le dénivèlement ainsi produit atteint facilement plus de mille mètres. Cette structure a été déjà nettement reconnue par von Richthofen⁽¹⁾ et Bailey Willis⁽²⁾. Le massif montagneux de Kiu-nu-chan au sud-est de Yen-tcheou 兗州 que von Richthofen a laissé en blanc sur sa carte géologique est presque entièrement constitué par le terrain archéen⁽³⁾. Encore plus à S.W., dans la plaine, on voit encore apparaître, à travers l'alluvium, de basses collines de calcaire cambrien horizontal. Il est hautement probable que le passage entre le massif archéen de Kin-nu-chan et la plaine correspond à une grande cassure périphérique appartenant au même système de failles en escalier mais avec rejet plus considérable; c'est ce qui semble être confirmé par l'instabilité séismique de cette zone, passant par Yen-tchéou et Siu-tchéou 徐州, telle qu'elle est représentée par le tableau suivant.

Année	Région épiscopentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
179 B.C.	Shantung occid.	29 montagnes éboulées	X(?)
462	Yen-tchéou 兗州	Montagne secouée	X(?)

(1) Op. cit. p. 183 fig. 18 p. 240 fig. 66.

(2) Op. cit. p. 83 pl. XIV, XV section A B.

(3) D'après H. C. T'an, carte géologique du Chantong 1/200,000 inédite.

1068	Tong-ping, 東平 Tong-ngo 東阿	Murailles et habitations détruites	X
1069	Nord du fleuve Jaune	Murailles et habitations détruites	X
1502	Pou-tchéou 濮州	Plus de 1000 maisons renversées; 50 morts	X
1622	Wen-chang, 汶上 King-hiang, 金鄉 Tong-ping 東平	Plus de 30 secousses par jour; senti plusieurs provinces; secousse extraordinaire	X IX(?)
1642	Siao-hien 蕭縣	Maisons détruites	X
1643	Siu-tchéou, 徐州 P'ei-hien, 邳縣 Sou-ts'ien 宿遷	Secousses failles répétées	VII(?)
1829	18 nov. Ou-ho 五河 à Siu-tchéou aussi et Peïtcheou	Grand nombre de maisons détruites	X
1829	19 nov. Chantong occidental	Bruit 10 j.; maisons détruites, centaine de morts	X
1830	14 juin Ts'ao-tcheou 曹州	Fort mouvement oscillatoire; gens écrasés	X
1830	15 juin Chéou-tchang 壽張	Temple renversé, maisons détruites	X
1907	Siu-tcheou et Peï-tcheou	Meubles secoués; horl. arrêtés	V
1910	Chantong occidental	Probablement près Taishan	VII

En exceptant le premier séisme en 129 B. C., on compte ici 9 tremblements de terre destructeurs pour 1368 ans, dans la proportion de 1 à 152.

L'âge des dislocations du Chantong occidental a été fixé par Bailey Willis⁽¹⁾ au tertiaire inférieur par des considérations physiographiques. L'érosion des lèvres soulevées par les failles au Chantong a produit souvent

(1) Op. cit. p. 71-73.

aussi une formation conglomératique que l'auteur américain a désigné sous le nom de conglomérat de Wen-ho⁽¹⁾ d'origine et de mode de gisement analogue à ceux qu'on trouve au Chansi et au Tcheli avec cette différence que la lèvre soulevée est déjà aplanie par l'érosion pour la plupart des failles au Chantong. Le relief encore prononcé, résultant de la cassure périphérique, peut être expliqué soit par un âge relativement plus récent de la cassure, soit par son rejet plus considérable; c'est ce qui expliquerait la séismicité particulière de cette région.

Le Chantong occidental est séparé du Chantong oriental par une grande fracture qui correspond assez exactement avec le cours du Wei-ho (un autre que celui du même nom au Chensi). C'est encore du côté de l'ouest ou du sud-ouest qu'a lieu l'affaissement, tandis que le compartiment à l'est s'est considérablement élevé de sorte que le substratum archéen est complètement mis à nu. Correspondant à cette ligne disloquée est une région séismique dont voici les mentions historiques.

Année	Région épacentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
70 B.C.	Tch'ang-lo, 長樂 Tchou-tch'eng 諸城	Temple détruit, senti dans 49 préfecteurs S. et E. du fleuve; plus de 6000 morts	XI
1347	Lin-tze 臨淄	Secousses répétées, eau du fleuve agitée; murailles et maisons renversées; bcp. morts	X
1668	Kiu-hien, 莒縣 Tchou-tch'eng	20,000 morts à Kiu-h. 2700 à Tchou-tcheng; destruction atteint Chantong, Kiang-sou et Anhosi; tempête au Fleuve Jaune; barques renversées au Yangtze; monticules etc.	XI
1730	Tch'ang-chan 長山	Maison détruites	X

(1) Op. cit. p. 57-58. Sur l'âge de cette formation et celle des failles, de nouveaux faits ont été acquis par H. O. Tan voir Bull. Geol. Soc. China Vol I pp 29-34 aussi Bull. Geol. Surv. China N°5.

Le petit nombre de mentions historiques est largement compensé par la grande intensité des séismes. Le plus violent d'entre eux, celui de 1888 a été décrit en détails par les chroniques de 143 préfectures et sous-préfectures de telle sorte qu'il a été possible aux Pères Tobar et Gauthier⁽¹⁾ de reconstituer la carte des isoséistes de ce temps. La variété des effets séismiques décrits jointe à la concordance de la distribution de l'intensité ne laisse aucune doute raisonnable sur la réalité des phénomènes.

ÂGE DES ACCIDENTS TECTONIQUES SÉISMOGÉNIQUES EN CHINE SEPTENTRIONALE.

Tous les accidents tectoniques séismogéniques ci-dessus décrits sont certainement post-mésozoïques, puisque toutes les formations de cette période en sont affectées. J. G. Andersson⁽²⁾ a récemment découvert à Yuentchu (Yuan-chü) au sud de Chansi un dépôt consolidé éocène également disloqué, ce qui semble indiquer que les derniers mouvements tectoniques en Chine septentrionale doivent au moins être post-éocène.

Les considérations physiographiques ont conduit Bailey Willis à attribuer les failles et les flexures du Chantong à l'éocène, et celles du Chansi à un âge plus récent. L'auteur américain pensait en effet que son étage physiographique de Fen-ho⁽³⁾, c'est à dire l'époque du dernier mouvement tectonique, est postérieur au loess; et il a même cru trouver les preuves positives que la faille limitant le Ta-hoa-chan continue encore à jouer après le dépôt de loess. Des formations de talus au pied des lèvres soulevées des failles, analogues au conglomérat de Wen-ho et au gravier de Ning-chan⁽⁴⁾ décrits par Willis et Blackwelder ont été rencontrés en abondance le long le Tai-hang-chan et les failles limitrophes du fossé Wei-ho - Fen-ho. Ces conglomérats ou graviers s'interstratifient quelques fois avec des couches de terre rouge. M. Andersson croit pouvoir identifier ces formations avec son

(1) Op. cit. p. 201, fig. 88.

(2) The Cenozoic deposits of N. China. Mem. Geol. Surv. China, Series A, N°8 pp. 25-35 & 151. Voir aussi H. C. Tan, Post-Palaeozoic formations of Shantung. Bull. Geol. Surv. China Vol I p 33.

(3) Op. cit. p. 201.

(4) Op. cit. p. 151.

gravier de Ma-lan⁽¹⁾ lequel est synchronisé avec la terre rouge à Hipparion de l'âge de pliocène. Si la corrélation est exacte, il s'ensuivra que les failles sont pléistocènes ou au plus pliocènes, et par conséquent antérieures au loess pléistocène. C'est bien la conclusion de M. Andersson qui affirme que contrairement à l'idée de Bailey Willis l'étage physiographique de Fen-ho est antérieur à celle de Hin-tcheou. Cependant les graviers ou conglomérats ne sont évidemment que des produits de la phase principale des failles et une légère différence d'âge entre elles n'a rien d'in vraisemblable; rien ne prouve d'ailleurs que ces failles qui ont été produites dans la période tertiaire, ne continuent pas encore à jouer maintenant. Les fréquents séismes dans le temps historique montrent d'une façon frappante combien ces compartiments faillés sont encore loin de l'état d'équilibre.

LA RÉGION DES LACS DU YUNNAN ORIENTAL.

Le Yunnan oriental est sujet aux séismes très fréquents et souvent très forts. On pourrait croire que cette sismicité est à rattacher aux puissants plissements tertiaires de cette région qui a été un géosynclinal triasique; le cas serait ainsi bien conforme à la théorie courante. Toutefois le Yunnan Oriental est aussi, comme Deprat⁽²⁾ a si bien montré, découpé par un réseau de fractures remarquables par leur extension aussi bien que par l'importance de leur dénivellements. Il est évidemment difficile, à priori, de distinguer à quelle catégorie de structure tectonique est attribuable l'influence séismogéniques. Il existe heureusement un nombre suffisant de mentions historiques des tremblements de terre et certaines observations des phénomènes modernes qui tous concordent, semble-t-il, à donner un rôle séismogénique prédominant aux failles normales d'âge récent.

Deprat a prouvé d'une façon très probante, que les grandes fractures du Yunnan Oriental sont de vraies failles radiales c'est à dire à déplacement vertical, et qu'elles ont été produites à l'époque de la première partie du pliocène supérieur. Ces fractures produisent des fosses d'effondrement qui deviennent des lacs alignés en chapelet suivant la direction de dislocations.

(1) L. K. Yih, *Geology of the Western Hills of Peking*, Mem. Geol. Surv. China, Ser. A, N° 1, p 74.

(2) *Etude géologique du Yunnan Oriental*, 1ère partie, 1912, p. 303-315.

Gross-modo, on peut distinguer deux systèmes principaux de directions: un premier système de failles qui courent suivant la direction N.-S. ou N.N.E.-S.S.W. et un second dans la direction franchement N.W.-S.E. Parmi les failles du premier système, il y a à retenir surtout la fracture des lacs de Tchén-kiang 徽江, Yang-tsong 揚宗 et ses annexes. C'est une faille presque N.S. et longue au moins de 300 km. depuis près de Tong-tchoan 東川 jusqu'aux environs de Tong-hai 通海. L'étude plus récente de V.K. Ting⁽¹⁾ confirme pleinement l'existence de ces failles dans la région de Tong-tchoan. Il y a en général deux cassures parallèles entre lesquelles il existe une zone effondrée dont les dépressions les plus profondes deviennent des lacs; le plus grand lac est le Fou-sien-hou 撫星 ou lac de Tchou-kiang⁽²⁾ allongée suivant la direction N.S. et limitée à l'est et à l'ouest par les rives escarpées produites par les failles normales. La seconde longue faille est celle de Lou-nan 路南 que Deprat dit avoir suivie sur une longueur de 240 km. Elle est aussi double aux environs de Lou-nan et vient aboutir près de Ling-an (Kien-chosi) en croisant le Chemin de fer près de la station de Je-chosi-tang (熱水塘). Encore plus à l'est, c'est la faille de Mi-leu 彌勒. Le grand lac de K'o-en-yang 昆陽 lui-même est limitée à l'ouest par une grande faille.

Les fractures du second système dirigées N.W.-S.E. donnent lieu à la formation des lacs près de Ling-an et Mong-tseu 蒙自.

Comme une règle très générale, les lacs sont allongés et disposés en chapelet suivant la direction des failles; leur caractère tectonique ressort nettement de leur forme et leur arrangement. Ces lacs ont été, au moment de leur formation, beaucoup plus grands qu'aujourd'hui comme l'atteste l'extension des dépôts lacustres de pliocène supérieur. Ils ont été vidés en grande partie au temps pleistocène.

Les tremblements de terre du Yunnan oriental sont mentionnés dans l'histoire chinoise depuis le XV^e siècle. Ils sont remarquablement importants de fréquence aussi bien que d'intensité. La coïncidence presque parfaite des épicentres avec la région des lacs, comme on peut voir du tableau suivant, ne peut être expliquée que par l'influence séismogénique des fractures pliocènes.

(1) The tectonic geology of eastern Yunnan

(2) Deprat, Op. cit. atlas fig. 120.

Année	Région épiscopale	Description sommaire	Degré d'intensité
1494	Kiu-tsing 曲靖	Maisons détruites; morts de soldats et d'habitants	X
1499	Y-liang 宜良	Toutes maisons renversées, dizaines de milliers de morts; secousses continuant 4 ans.	XI
1500	Tchen-kiang 激江	Maisons inclinées puis renversées; bcp. morts; secousses un mois	X
1508	K'oen-ming, Capitale du Yunnan	Muraille et maisons démolies; morts	X
1507	An-ning, 安寧 Siu-hing 新興 et K'oen-yang 昆陽	Maisons ébranlées; morts	IX
1515	Yunnan oriental	Fente de terre; muraille, tribunaux et maisons détruites; plusieurs milliers de morts; double de blessés	XI
1517	Sing-hing, Tong-hai, 通海 Ho-si, 河西 Tai-ngo 塔城	Tours et murs détruits, morts	X
1571	Tong-hai	Créniaux de murailles, tribunaux et maisons détruits; bcp. morts	X
1588	Tong-hai	Arbres brisés; rivières agitées; maisons et murailles détruites; morts	X
1606	Ling-an 建水	Pagodes, tribunaux et maisons détruits; 1000 morts; secousses 6 mois	XI
1670	Lou-fong 祿豐	Murailles et maisons détruites	X
1713	Siu-tien 尋甸	Bcp. morts	X

1755	Y-men 易門	Sources desséchées; murailles, maisons détruites; 300 morts	X
1764	Kiang-tchoen 江川	Beaucoup de morts	X
1789	Tong-hai	Maisons détruites; un harneau disparu dans le lac	X
1799 août	Che-ping 石屏	Beaucoup morts, crénaux de murailles détruites	X
1799 sept	Che-ping	3000 morts et blessés	X
1833	Yunnan Oriental central à peu près entre Lounan et Tchen-kiang	Destruction de 83,000-84,000 chambres; plus de 6700 morts; secousses senties 3 mois avec renouvellement de destructions	XI
1850	Kiao-kia (près Tong-tchoan) 巧家	Centaines d'habitations renversées; centaines de morts	X
1879	Mi-leu 彌勒	Habit. tribunaux et murailles détruits	X
1882	Mi-leu	Muraille et bcp. maisons détruites	X
1887	Che-ping 石屏	Murailles et moitié de maisons renversées plus de 2000 morts	XI
1909 ⁽¹⁾	Si-eul (entre Mi-leu et Tchen-kiang)	Réservoir de la gare fendu; tunnels et bcp. maisons détruits	IX
1911	Tong-tchoan 東川 (Sing Hsing, Ho Hsi, Tsi-Ngo)	Affaissement de montagne, maisons renversées	IX

Il y a ainsi au moins 24 tremblements de terre destructeurs pendant 405 ans, soit en moyenne un grand tremblement de terre par 17 ans. De la distribution des régions épacentrales, on peut conclure que la fracture à l'ouest du lac de K'o'en-yang, celle du lac de Tchen-kiang, celles de Lou-nan et de

(1) Deprat, l'activité sismique du Yunnan méridional en 1909, O. R. Acad. Sc. OLI, 1910, 2^e sem. p. 1011-1014.

Mi-leu parmi les fractures N.-S. ou N.N.E.-S.S.W. et les fracture N.W.-S.E. de Ling-an, toutes sont plus ou moins responsables de l'activité séismique. Un rôle prépondérant semble être joué par les failles de Tchen-kiang d'abord, celles de Ling-an et de Lou-nan ensuite.

L'influence séismogénique prédominante de ces fractures est d'ailleurs prouvée par l'observation du tremblement de terre en 1909 par Deprat lui-même qui a localisé par les isoséistes, (1) son épicerentre près de la station de Si-eul justement le point par où le chemin de fer passe sur la faille de Lou-nan.

LA RÉGION DES LACS DE TALI AU YUNNAN OCCIDENTAL.

Il existe une autre région de lacs au Yunnan occidental dont la géologie est encore incomplètement connue. Apparemment c'est une zone à terrains paléozoïques plissés suivant la direction N.N.W.-S.S.E. Elle forme le partage des eaux du Mékong et du Yang-tze qui coulent de là dans les sens divergeants. C'est sur cette zone hautes de 2000 mètres environ qu'on trouve une série de lacs depuis Li-kiang au nord jusqu'à Mong-hoa au sud. Parmi ces lacs, celui de Tali est le plus grand. Les autres sont le Kiu-hou près de Kien-tchoan, et Y-king-hou près de Yun-nan-hien (1000 li S.E. de Tali). La situation et l'alignement de ces lacs donnent de fortes raisons pour croire à l'origine tectonique de leur formation. La séismicité de cette région montre en tout cas une instabilité bien comparable au Yunnan Oriental. Voici les mentions historiques.

Année	Région épicerentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
1474	Ho-king 鶴慶	14 reprises; habitations détruites	X
1499	Ta-li 大理	Toutes maisons renversées; dizaine de milles de morts; secousses 4 ans	XI
1501	Kien-tchoan 劍川	Murailles en terre et maisons entièrement détruites	X

(1) Etude géologique du Yunnan Oriental fig. 15 bis.

1511	Ho-king et Kien-tchoan	Murailles et maisons détruites; morts	X
1515	Teng-tchoan 鄧川 et King-tong 景東	Eau de réservoir agitée, bcp. maison détruites	X
1520 août	King-tong 景東	Murailles et maisons démolies; fissure du sol	X
1520 mars	Mong-hoa 蒙化	10 jours; muraille et maison détruites; mort	X
1586	Mong-hoa	Créniaux de murailles, tribunaux et maisons détruits; 20 morts	X
1623	Yunnan-hien (près Tali)	Créniaux des murailles, tours et 500 maisons détruites	X
1624	Li-kiang 麗江	Maisons renversées	X
1652	Mong-hoa	Bruit fort, toutes les maisons renversées, 3000 morts; crevasses du sol; canaux des- séchés; répliques 1 an	XI
1688 avril	Ho-king 鶴慶	Tours, tribunaux et bcp. mai- sons détruits; eaux agitées; 3 jours	X
1688 mai/juin	Kien-tchoan 劍川	Murailles, écoles, tribunaux et bcp. maisons détruites; 190 morts; 6 mois	X
1751	Kien-tchoan	Murailles tribunaux et 300 mai- sons détruites; 100 morts	X
1839	Teng-tchoan 鄧川	Fente du sol plusieurs dizaines de pieds	X(?)
1862	Tu-li 大理	Murailles écroulées	IX
1881	Yong-pé 永北	Habitations détruites; plus de 70 morts	X

1884	P'ou-eul 普洱	Bep. maisons et tribunaux détruits; plus de 80 morts; faibles secousses un mois	X
1910-1911	Tali	Secousses fréquentes	VIII

Il y a donc 18 ébranlements destructeurs pendant 414 ans, ce qui veut dire 1 grand tremblement de terre par 23 ans.

Des données exposées cidessus, il résulte les conclusions qu'on peut résumer comme suit:

1°. A la fin du tertiaire il se produit en Chine des fractures radiales à dénivèlement et extension considérables, soit à la suite des grandes flexures monoclinales qui se brisent en failles comme c'est le cas en Chine septentrionale, soit comme résultat de tension après les effets excessifs de compression témoignés par les plissements puissants tertiaires comme c'est le cas du Yunnan Oriental.

2°. Toutes ces fractures ont une influence séismogénique évidente. L'instabilité est surtout manifeste là où elles provoquent la formation des fosses d'effondrement.

3°. La séismicité plus ou moins forte des différentes régions semble dépendre, en certaine mesure, de l'âge des fractures. Elle est d'autant plus forte que les failles sont plus récentes; on voit, par exemple, la différence de la séismicité entre le Chantong où les failles sont sensiblement plus anciennes avec la plupart des escarpements déjà effacés par l'érosion et le Chansi où la topographie actuelle reste encore l'expression caractéristique des effondrements.

4°. La diminution de séismicité entraînée par l'ancienneté des fractures séismogéniques semble se traduire par la raréfaction des grands tremblements de terre plutôt que par l'affaiblissement absolu de leur intensité. Ainsi la fracture de Wei-ho qui coupe en écharpe le Chantong a produit un tremblement de terre si désastreux de 1668 qui ne cède rien en intensité aux secousses des autres régions telles que le Yunnan oriental ou le Chansi central et méridional; mais les ébranlements de telle intensité sont comparativement beaucoup plus rares au Chantong.

III. DISLOCATIONS CÔTIÈRES.

LA PRESQU'ÎLE DE CHANTONG.

Un coup d'œil sur la carte de Chine suffit pour faire comprendre la relation intime entre les deux presqu'îles de Chantong et Liaotong. Entre la pointe de Teng-tchéou 登州 du Chantong et celle de Lao-tieh-chan du Liaotong, il n'y a qu'une distance d'environ 100 km. qui est d'ailleurs occupée en grande partie par l'archipel de Miao-tao, derniers témoins de la chaîne qui devait autrefois unir les deux péninsules. Cette manière de voir est d'ailleurs pleinement confirmée par l'analogie complète de la constitution géologique de gneiss et de granite des deux côtés qui ne sont que séparés par des effondrements récents. L'activité sismique n'est pas bien connue du côté de Liaotong mais elle est manifeste le long la côte N.E. du Chantong.

Année	Région épiscopentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
1046	Teng-tchéou 登州	Affaissement de montagnes; bruit au fond de mer	(?)
1408	Teng-tchéou	Secousses 2 mois	(?)
1506	Lai-tchéou 萊州	Muraille détruite; plusieurs répliques	X
1548	Teng-tchéou	Muraille et bep. maisons détruites	X
1609	Yong-tcheng 榮城	Secousses peu violentes; plusieurs années	(?)
1687	P'ong-lai 蓬萊, Si-hia 棲霞 et Wen-tong 文登	Secousses plus d'un mois	(?)
1829	P'ong-lai	Fissure de terre profonde de 7 pieds, longue plus de 1 km.; grandes pierres fendues	X(?)
1907	Wei-hai-wei 威海衛	Dormeurs réveillés	III
1908	Entre Yen-tai 煙台 et Hoang-hien 黃縣	Bruit fort; maisons secouées vivement	IV

On voit qu'ici les grands tremblements de terre destructeurs sont relativement rares. Les secousses sont généralement peu violentes quoi qu'elles permettent encore de localiser facilement leur foyer. On voit aussi que la région épacentrale se limite à la côte de N.E. et le centre principal est certainement à Teng-tchéou ou P'ong-lai, c'est-à-dire à la pointe qui a résulté de la fracture séparant les deux péninsules.

LES RÉGIONS CÔTIÈRES DE TCHÉ-KIANG.

La côte de Tché-kiang est constituée de masses granitique et de roches éruptives et montre une forme profondément morcelée. Les tremblements destructeurs y sont assez rares; l'histoire en mentionne seulement un à Ting-hai en 1523 avec destruction partielle des murailles de la ville et des maisons d'habitation. Le calme apparent est cependant dû en partie aux chroniques incomplètes de ces pays qui sont assez loin des centres politiques. Les secousses sont fréquemment senties à Ning-po quoique les mentions historique manquent probablement à cause de la faiblesse générale des mouvements. Le dernier ébranlement assez important senti à ce port est celui de 1913 par lequel les objets étaient agités et les dormeurs réveillés. Il est remarquable qu'aucun mouvement important n'est connu de Hang-tcheou dans cette embouchure béante de Tsien-tang-kiang

LES RÉGIONS CÔTIÈRES DE FOU-KIEN.

Les côtes de Fou-kien entre Fou-tcheou, la capitale de la province, et Swatow, à la frontière de Koang-tong, est essentiellement granitique. Elles sont aussi très morcelées, formant des baies dont plusieurs s'enfoncent assez avant dans l'intérieur des terres. C'est cette partie des côtes de Fou-kien qui est justement en face de la grande île de Formose qui est le théâtre des plus fortes secousses ainsi que le montrent les chroniques suivantes.

Année	Région épacentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
1067	Tchao-tcheou, 潮州 Tsiuen-tcheou, 泉州 Hing-hoa, 興化 Long-yen, 龍岩 Chao-ou, 邵武	Fissure du sol; maisons ren- versées	X

1290	Ou-ping 武平 et Tsiuen-tcheou 泉州	Victimes 7220 parmi lesquels se trouvaient le grand juge et autres fonctionnaires	XI
1445	Tch'ang-tcheou, 漳州 Long-yen 龍岩	Certaine de jours; oiseaux et animaux s'enfuient; pierres de montagnes éboulées; toutes habit. détruites; bcp. morts	XI
1574 ⁽¹⁾	Ting-tcheou 汀州 (ou Tchang-ting 長汀)	Fissures du sol; maisons écrasées	X
1600	Fou-tcheou et toute la région au sud de Tchang-tcheou	Maisons détruites; bcp. morts; bruit plusieurs jours	X
1604 5 juillet	Tsiuen-tcheou (surtout sensible en ville)	Montagnes et mer agitées; plusieurs reprises; crevasses	IX
1604 29 déc.	Hing-hoa 興化	Bcp. maisons renversées; animaux effrayés	X
1655	Formose	Destructions sévères	X
1721	Formose	Crevasses; puits desséchés; maisons détruites; morts	X
1736	Formose	Maisons renversées, bcp. morts	X
1776	Tchou-lo-chan (Formose)	Maisons renversées, bcp. morts	X
1702	Kia-i 嘉義 (Formose)	Maisons renversées, bcp. morts	IX
1904	Formose	X
1906	Swatow, amoy, Formose et Fou-tcheou	Secousses fréquentes mars-août	(?)

(1) La date est identifiée 10 mars par le Père Hoang et 21 mars par Omori, la production de fissures et l'écrasement des maisons mentionnées dans l'histoire des Mings ont échappé au catalogue des Pères Tobar et Gauthier.

1907	Tchang-tcheou	Bruit; portes ébranlées	V
1918	Entre Swatow et Tsiuen-tcheou	Maisons renversées; fissures du sol; etc.	morts: IX

Formose est constitué en partie par des schistes et calcaires cristallins mais il comprend aussi des formations tertiaires. Son caractère séismique peut donc avoir une origine distincte de la côte de Foukien. Cette dernière a une séismicité assez haute comme le montrent les secousses de 1290-1604. Le calme apparent pour les XVIII et XIX siècles serait simplement dû à la manque de mentions dans les chroniques. D'après ces quelques données historiques, on peut toutefois déjà concevoir une aire épiscopentrale comprenant au moins Tsiuen-tcheou, Swatow et Tchao-tcheou et s'étendant jusqu'à Long-yen et peut-être même à Ting-tcheou. Il est tout à fait remarquable que cette forme générale est presque exactement reproduite dans les isoséistes de l'ébranlement du 13 février 1918. Ce tremblement de terre a en effet comme région épiscopentrale une surface ovale allongée suivant la côte et dont les pôles sont occupés par Tsiuen-tcheou et Swatow, avec un renflement tourné vers le N. W. passant par Long-yen; on trouve cette forme répétée à tous les isoséistes des degrés IV, V, VI et VII-VIII. La coïncidence très exacte du grand diamètre de l'ovale avec la ligne littorale où se trouvent les trois baies les plus profondes Tsiuen-tcheou, Amoy et Swatow, est un fait significatif démontrant l'actualité de l'effondrement le long cette côte. Le renflement vers le NW de l'aire épiscopentrale est aussi bien caractéristique; mais il serait dangereux de hasarder une explication théorique quelconque dans l'état actuel de nos connaissances encore très incomplète sur la géologie de cette région. D'autre part, il est à remarquer que la coïncidence des résultats obtenus par les deux voies distinctes, les chroniques historiques et l'observation moderne, est une preuve en elle-même de la réalité des phénomènes mentionnés par ces chroniques.

LA GRANDE ÎLE DE HAI-NAN ET LA PÉNINSULE DE LEI-TCHEOU.

Les deux terres sont séparées seulement d'un détroit large d'environ 28 km. Les renseignements sur la géologie de ce pays sont extrêmement maigres et même contradictoires. L'idée d'une cassure séparatrice semble cependant n'avoir rien d'in vraisemblable. Le catalogue du Père Hoang ne

mentionne que deux tremblements de terre en 1011 et 1605; celui de 1605 a seul produit des effets destructifs. Le mouvement était accompagné par un bruit semblable au tonnerre; édifices et habitations ont été renversés en totalité à Kiong-tcheou 瓊州. Il y a eu plusieurs milliers de morts rien que dans la ville de ce district. L'ébranlement était aussi senti dans toute la région côtière de Koang-tong. Ce n'est certes pas le seul ébranlement arrivé à la grande île. Madrolle⁽¹⁾ n'en raconte pas moins que vingt dont les plus violents eurent lieu à Tan-hien en 1526, à Houi-tong (actuellement Kiong-tong) en 1525, à Ya-hien (ou Ngai-isiou) en 1725; par ce dernier mouvement presque toute la ville était détruite. Il confirme aussi la fréquence sismique de Kiong-tcheou et la violence de l'ébranlement de 1605.

En résumé: 1° Les centres sismiques coïncident remarquablement avec les côtes les plus disloquées.

2°. Il faut remarquer aussi que les quatre régions sismogéniques décrites cidessus coïncident précisément avec les sections de la côte chinoise qui sont séparées par un détroit plus ou moins large des grandes îles ou presqu'îles. Sauf peut-être le cas pour Formose, la séparation de tous les autres peut être considérée comme résultant de fractures. Il suffit que la terre descende ou la mer monte un petit peu pour que le Chan-tong oriental forme une grande île séparée de la côte du Chan-tong occidental par le détroit de Wei-ho; et cette dernière côte serait marquée par une sismicité telle qu'on observe le long la côte de Teng-tcheou etc.

3°. Donc comme structure sismogénique, cette deuxième catégorie ne diffère pas essentiellement de la première: toutes deux sont produites par les dislocations dues au mouvement radial.

IV. LES REBROUSSEMENTS ET LES DÉCROCHEMENTS DE LA CHAÎNE DE TSIN-LING.

La géologie de Chine est divisée naturellement en deux parties bien différentes, septentrionale et méridionale, par une chaîne de roches métamorphisées, avec des masses granitiques: c'est la chaîne de Tsin-ling. La ligne de division semble avoir existée depuis au moins le temps ordovicien, la faune

(1) Etude sur l'île de Hai-nan, Bull. Soc. de Géographie Tome XIX 189 190-191 et p. 209-218.

duquel étant déjà distincte de part et d'autre. Mais le métamorphisme et le plissement y atteignent au moins le carbonifère. La chaîne a une direction générale de E-W, mais il existe une série de rebroussements et de décrochements qui la font dévier plusieurs fois de direction et de position. Sur les lignes de rebroussement et de décrochement sont généralement situées les centres sismiques.

LE REBROUSSEMENT D'OU-TOU 武都 AU KANSOU MÉRIDIONAL.

Le Tsin-ling proprement dit au Chensi méridional se dirige presque exactement E-W. Au sud du Kansou, la chaîne métamorphique fait presque brusquement une courbure de 45° et prend la direction NW en passant par les environs de Lan-tcheou pour rejoindre à l'ouest la région de Si-ning et de la chaîne métamorphique de Nan-chan. Ce brusque changement de direction semble correspondre à certaine disjonction tectonique et c'est bien ce qu'indiquent les tremblements de terre de cette région.

Année	Région épiscopale	Description sommaire	Degré d'intensité
186 B.C.	Ou-tou 武都	Secousses plus. jours; affaissement de montagne; 760 morts	X
286	Toheng-hien 成縣	Aff. de montagne; maison détruites	X
1633	Si-houo 西和	Murailles détruites; maisons renversées; plus de 30 morts	X
1652	Kiai-tcheou 階州 (ou-tou)	Secousses plus d'un mois; murailles sévèrement détruites; bcp. maisons écroulées	X
1676	Kiai-tcheou	Secousses plus de 3 mois; murailles et maisons détruites; beaucoup morts	X
1879	Kiai-tcheou et Wen-hien 文縣	Secousses fortes dans tout le Kansou oriental; moulins se heurtant; eau débordant;	XI

éboulements de montagnes;
fentes du sol; 9881 morts à
Kiai-tcheou et 10,830 à
Wen-hien

1881 Lu-hien 禮縣 480 morts X

Le souvenir des tremblements de terre de 1881 et 1879 reste encore frais à la mémoire des habitants du Kansou; et nous avons personnellement recueilli leur impression durant notre investigation du tremblement de terre de 1920 au Kansou.

LE DÉCROCHEMENT DE NAN-YANG AU HONAN MÉRIDIONAL.

Le Tsin-ling s'étend à l'est par la chaîne de Fou-niou qui s'enfléchit insensiblement à S.E.E. Aux environs de Nan-yang, ou plutôt un peu à son est, la Fou-niou-chan est brusquement déplacée vers le sud formant le Hoai-yang-chan qui constitue sur un long parcours la frontière entre le Honan et le Houpé. L'axe du Hoai-yang-chan est en effet situé presque un degré et demi de latitude plus au sud que celui du Fou-niou-chan sans changer beaucoup la direction. Cela est probablement produit par un décrochement. Le cas n'est cependant pas bien clair. Une seule grande secousse est connue à Nan-yang, c'est celle de 1660 qui a causé l'écroulement de beaucoup de maisons.

LE REBROUSSEMENT DE HO-CHAN A L'AN-HOÏ SEPTENTRIONAL.

Le Hoai-yang-chan tourne rapidement à Ho-chan, au nord de l'An-hoï, de N.W.W.-S.E.E. à S.W.-N.E.; il passe finalement, en s'abaissant de hauteur, par le nord de Kiang-sou. C'est justement sur cet arc de Ho-chan (1) qu'est situé le centre sismique dont l'instabilité est bien connue dans l'histoire et s'est encore manifestée en 1917 par des secousses assez violentes. La géologie(2) de cette région consiste en gneiss et schists cristallins au sud et sud-ouest de la sous-préfecture de Ho-chan. Aux environs de Ho-chan, il y a de grandes éruptions de roche porphyrique

-
- (1) V. K. Ting Geology of the lower Yangtze valley below Wuhu, Whangpoo conservancy board, general data ser. 1 No. 1, 1919, p. 38-40.
(2) C. C. Liu and J. C. Chao, The Geology and Mineral resources of northern Anhui and Kiangsu, Bull. of Geol. Survey No. 1, 1919.

interstratifiée avec des conglomérats et grès rouges. Ces derniers sont fortement dérangés avec angle d'inclinaison très variable. Le tableau suivant montrera les séismes originaires de cette région.

Année	Région épicentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
1336	N. d'Anhosi	VIII(?)
1615	Ho-chan 霍山	Pendant un mois
1652	Lou-an 六安 et Ho-chan	Chute de tuiles; fissures aux ponts de pierre	VIII
1769	Ho-chan	Secousses fréquentes 7 ou 8 ans
1831	Ho-kieou 霍邱	Maisons renversée	IX
1917	Entre Yn-chan, 英山 Ho-chan et Lou-on 六安	Pierres de montagne éboulées; quelques maisons renversées, morts	IX

On voit ainsi que les tremblements de terre dans la région de Ho-chan sont fréquents et parfois assez violents. Ceux de 1917 durait aussi plus de quatre mois. La première secousse fut sentie à 8 h. du matin 24 janvier, accompagnée d'un bruit de tonnerre. Les isoséistes⁽¹⁾ ont pu être établis sur la base de 200 rapports reçus au service géologique. Depuis cette date les répliques se font sentir presque journellement dans la région épicentrale, mais les régions d'environ restent calmes. Vers 10 h. du matin 24 février une seconde secousse se fait sentir avec une intensité un peu plus faible et à une étendue moins grande que la première. Environ 70 rapports de divers districts affectés ont permis de construire une autre carte d'isoséistes. Le grand nombre de renseignements assez concordant et communiqués par des personnes sérieuses permet à croire que la forme variée des courbes isoséistes ne sont pas des irrégularités de pure fantaisie et qu'elle doit avoir certaine correspondance avec la constitution géologique; mais la différence des courbes de deux secousses successives émises du même centre semble montrer que les ébranlements différents peuvent se propager de façons différentes dans les même régions.

(1) Journal of the ministry of Agriculture and Commerce (en chinois) 1917; voir aussi observatoire de Zi-ka-wei, supplément à la revue mensuelle 1917, No. 1.

Les rebroussements et les décrochements sont généralement considérés comme résultats des poussées horizontales de sens variable ou d'intensité inégale. Contrairement aux deux types de structure sismogénique déjà examinés, qui sont dû au mouvement vertical, nous voyons donc ici l'effet sismique des forces horizontales. La sismicité de cette catégorie est aussi beaucoup plus faible en intensité aussi bien qu'en fréquence, comme on pouvait prévoir pour la chaîne de Tsin-ling dont la formation est certainement beaucoup plus ancienne que les fractures de la fin du tertiaire. L'exception doit peut-être faite de la région d'On-tou; mais l'instabilité de cette région peut bien être renforcée par le voisinage immédiat d'une autre région sismique très importante de King-yuen au Kansou oriental que nous verrons après.

V. LES CHEVAUchement OU CHARRIAGES.

LE CHARRIAGE DE HO-LAN-CHAN.(¹)

A l'ouest de Ning-hia, au nord du Kansou, et approximativement parallèle au fleuve jaune qui coule là dans une direction N.N.E., s'élève la chaîne escarpée de Ho-lan-chan dont les cimes sont à presque 2000 m. au dessus du fleuve. Le terrain carbonifère puissamment plissé et métamorphisé est recouvert par un lambeau charrié de calcaire sinien (pré-cambrien). La présence d'un charriage a déjà été reconnu par Obroutchev(²). Elle est pleinement confirmée par les coupes que j'ai relevées en 1921, montrant clairement le chevauchement du sinien sur le carbonifère plissé. Les caractères pétrographiques du calcaire et du grès quartzitique au dessous sont remarquablement identiques avec ceux qu'on observe dans le système sinian de Nan-kou au nord du Tcheli. On y trouve jusqu'aux mêmes ripple-marks dans le grès. Au pied de cette chaîne plissée et charriée, s'alignent un nombre de villes dont la sismicité était bien connue dans l'histoire et les derniers ébranlements laissent encore aujourd'hui des traces et des souvenirs.

(1) Cette chaîne de montagne est généralement appelée par les auteurs étrangers A-la-chan; comme ce dernier nom désigne aussi toute la bannière de mongolie s'étendant à l'ouest de la chaîne et au nord de Lan-tcheou, il semble désirable d'avoir cet autre nom qui correspond plus exactement à la prononciation chinoise et s'applique plus spécialement à la haute montagne à l'ouest de Ning-hia.

(2) L'Asie centrale, le nord de la Chine et le Nan-chan 18, vol. I p. 300-320.

Année	Région épiscopale	Description sommaire	Degré d'intensité
349	Ning-hia, 寧夏 Ling-ou 靈武	Maisons détruites, dizaine de morts	IX
986	Ning-hia, Ling-ou	Bep. murailles et maisons détruites	X
1010	Ling-ou ⁽¹⁾	Maisons détruites; bep. écrasés	X
1387	Ning-hia	Muraille détruites	X(?)
1474	Ning-hia, Ling-ou	Bep. muraille et maisons renversées; secousses un mois	X
1495	Ning-hia, Ling-ou	12 secousses; murailles et maisons détruites; morts	X
1562	Ning-hia, Ling-ou	Muraille renversée	X(?)
1627	Ning-hia, Ling-ou	Plus de 100 secousses en 2 mois; murailles, tours et maisons complètement détruites	XI
1709	Tchong-wei 中衛	Eau de puits projetée plus. pieds; 2000 morts; secousses un an; muraille 80 % détruite.	XI
1788	Ping-lo, 平羅 Sing-tchu, 新渠 Pao-fong, 寶豐 Ning-hia et Tchong-wei	Terre comme sautée; fente du sol; murailles, maisons et digues tout détruites: plus de 50,000 morts. Les deux villes Sing-tchu et Paofong au nord de Ping-lo complètement détruites et laissées dépuis; villes de Ning-hia et Tchong-wei et plus. grands villages largement reconstruits en 1939.	XI

(1) Ling-ou dans le sens ancien désigne non seulement la sous-préfecture actuelle mais aussi la région à l'ouest et au sud du fleuve. Ning-hia avait aussi un sens plus étendu.

1852	Tchong-wei	Sol fissuré; maisons renversées; certaines morts; secousses plus d'un mois	X
1889	Ning-hia	Maisons renversées	IX

Le tableau précédent qui semble assez complet donné en moyenne 1 grand tremblement de terre pour tous les 86 ans. Parmi ces 12 séismes destructeurs, plusieurs sont particulièrement violents, ainsi ceux de 1709 et 1738 laissent les ruines visibles encore aujourd'hui; et les reconstructions de villes et de villages après ces desastres sont bien datées. Les villes affectées mentionnées dans les chroniques sont toutes situées sur la plaine alluviale du Fleuve Jaune déjà distantes d'un bon nombre de kilomètres de la montagne; mais il est évident que les ébranlements même les plus violents dans cette montagne escarpée très peu habitée n'avaient pas été remarqués par les habitants et conservés par les historiens qui donnent naturellement plus d'importance aux événements connus dans les villes. L'alignement des centres sismiques depuis le nord de Ping-lo jusqu'au sud de Tchong-wei, nettement parallèle à la direction de plissement et de chevauchement semble indiquer suffisamment leur relation avec la tectonique.

LA ZONE DE CHARRIAGES DE LA BOUCLE DU HAUT YANG-TZE.

Comme Montessus de Ballore et Omori ont également montré, sur leur carte sismique respective de Chine, qu'il existe un centre sismique important au sud du Setchoan, là où le Fleuve Bleu fait une grande boucle en amont de Swei-fou. La géologie des régions montagneuses de Kin-cha-kiang et Ya-lon-kiang ou des Alpes de Setchoan consiste, d'après Loczy, en une série de chaînes parallèles de direction N.-S.; une zone de roches métamorphiques et éruptives passe par Ta-tsién-lou, Mien-ning, Si-tchang et se prolonge vers Hwei-li. Deprat⁽¹⁾ a pensé que le massif du sud de Setchuan a été charrié vers le sud. Cette manière de voir est bien confirmée par l'étude plus récente et M.V.K. Ting⁽²⁾ qui montre que le massif dévonien de la boucle du Yangtze est charrié en entier vers le sud-ouest pardessus les

(1) Op. cit. p. 300 fig 15

(2) The tectonic of Eastern Yunnan

terrains paléozoïque métamorphique de Longtsaochan c'est certainement le chevauchement le plus grand dans cette région où les charriages de plus petites dimensions sont assez communs.

Année	Région épiscopentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
28 B.C.	Kien-wei 健爲	Aff. de montagne obstruant le Fleuve; eaux refoulées vers l'amont détruisant muraille et tuant 32 personnes	X
638	Si-tchang 西昌 et Song-p'an 松潘	Maisons détruites	IX
814	Si-tchang	80 secousses en un jour; plus de 100 morts	X
1478	Yen-yuen 鹽源	Maisons écroulées; bep. morts	X
1480	Yué-tsiuen 越嶲	7 secousses par jour	(?)
1636	Si-tchang	Murailles et maisons renversées; milliers morts	X
1607	Ho-kiang 合江	Maisons et tombeaux engloutis; exemption partielle d'impôts	X
1610	Soci-fou 叙州 Ping-chan 屏山 et King-fou 慶豐	Muraille détruite	IX

D'après ce tableau, on pourrait concevoir deux lignes de chocs; l'une N-S passant par Yué-tsiuen, Si-tchang et Yen-yuen; et l'autre coïncidant approximativement avec le cours du fleuve, ce qui explique l'instabilité de Ho-kiang, Soci-fou et Ping-chan. Ces deux lignes se croisent probablement à Si-tchang, d'où la sismicité particulièrement forte de ce district.

VI. AUTRES RÉGIONS ÉPICENTRALES.

Outre les quatre types de structure séismogénique étudiés dans les paragraphes précédents, il existe en Chine d'autres régions épiscopentrales dont la tectonique est moins claire, ou toute différente. Voici les régions principales qui sont de types tectoniques différents mais que nous groupons ici provisoirement.

LA RÉGION DE KING-YUEN AU KANSOU ORIENTAL.

C'est dans cette région qu'eut lieu le dernier grand tremblement de terre⁽¹⁾ en Chine, au 16 décembre 1920. La première et la plus violente des secousses fut sentie à 7 heures (temps local) environ du soir, accompagnée par un bruit lourd de tonnerre qui contribuait à augmenter la terreur des habitants. Des centaines de mille d'habitations sont détruites au Kansou oriental notamment dans les sous-préfectures de Hai-yuen, Kou-yuen, Tsing-yuen, Long-té, Tsing-ning, Wei-ning, Tong-wei, Tchen-yuen etc. Les créneaux des murailles de toutes les villes citées ci-dessus sont presque entièrement renversées. Le désastre est en large mesure exagéré, comme cela semble être la règle générale dans les pays de loess, par le beau développement de la terre jaune dans cette région. La plupart des habitants demeurent en effet dans les caves creusées dans le loess si facile à écrouler; ce qui explique l'énormité du nombre de morts qu'une censure officielle a estimé à 200,000 hommes. Ce chiffre, dont l'exactitude ne peut évidemment dépasser celle d'une censure en Chine, est en partie justifié aussi par la manque de secours immédiats: un grand nombre d'écrasés ont été ensevelis vivants sous d'immenses éboulements de loess; quelques rares heureux ont été seuls sauvés par l'enlèvement des éboulis. Toutes ces circonstances aggravantes locales ne doivent pas cependant faire croire à la faiblesse réelle des secousses. Beaucoup de tribunaux, de temples, de muraille et d'autres édifices construits en briques sont aussi sérieusement endommagés et parfois entièrement démolies. Et les éboulements de montagnes, généralement de loess, sont tellement étendus et énormes donnant au pays une vue si particulière qu'elle doit être unique au monde. Des villages entiers ont été renversés, démolis et entraînés à distance. Plusieurs vallées ont été obstruées par les éboulis avec accumulation des nappes d'eau en amont. Des secousses de répliques se succèdent nombreuses, et cinq mois après l'ébranlement principal, quand nous étudions sur le lieu, nous étions encore fréquemment réveillés dans la nuit.

La région épicertrale s'étend sur une zone allongée suivant la direction N.N.E.-S.S.W. C'est justement la région où le loess atteint

(1) Gherzi, note préliminaire sur le tremblement de terre du 16 du 1920 au Kansou. F. Omori op. cit. Voir aussi mes notes (科學第七卷第二期) et le rapport de C.Y. Hsieh (地學雜誌).

l'épaisseur maxima dans la province; l'étude de la géologie souterraine est par conséquent très difficile. Cette région est limitée à l'est par la chaîne de Long-chan appelée aussi Liou-pan-chan⁽¹⁾ du nom de son plus haut sommet entre Long-té et Ping-liang; c'est une chaîne anticlinale dirigée suivant le méridien et qui consiste en des schistes et calcaires paléozoïques. À l'est de cette chaîne les formations s'inclinent doucement vers l'est et on passe ainsi dans le bassin pétrolifère du Chensi septentrional. Au nord l'anticlinal s'abaisse graduellement et disparaît à l'est de Hai-yuen. Plus loin, et presque dans la même direction se relève le Niou-chou-chan qui a cependant une constitution toute différente. D'après Obroutchev⁽²⁾, ce chaînon, composé de schist ou grès de Gobi dirigé au S.W. et plongeant au N. ou N.W., s'est affaissé, par rapport au chaînon du Yé-toou-chan au nord par une cassure E.-W. La structure est donc déjà très différente ici de la chaîne de Long-chan. La direction générale S.W.W. se retrouve à l'autre côté du fleuve, à l'ouest de Tchong-wei où le charriage de Ho-lan-chan a déjà pris fin. Cette direction reste prédominante au nord de Lan-tcheou. Voilà la structure générale des trois côtés E.N. et W. de la région épicontrale. Au côté sud se trouvent les chaînes de roches métamorphiques, suivant la direction S.E.-N.W. passant par Kong-tchang, Wei-yuen et Tao-cha.

À l'ouest de la chaîne Liou-pan-chan, M. Lieh Wang a trouvé du gneiss et un calcaire ressemblant au calcaire sienien (précambrien) entre Tsing-yuen et Hai-yuen et aux environs Tong-wei et Tien-choei. Entre Wei-ning et Tsing-ning, et entre ce dernier et Kou-yuen on trouve quelques affleurements isolés d'un houiller au dessous de loess. On trouve aussi schist ou grès rouge le long de Long-chan⁽³⁾ qui est probablement équivalent à ce qui a été appelé dépôt de Gobi. M. C. Y. Hsieh a trouvé des poissons fossiles Jurassiques dans une formation analogue dans la sous-préfecture de Hoa-ting.

De ce qui précède, on pourrait se représenter une grande ligne de cassure dirigée N.N.E. et S.S.W. correspondant grossièrement à l'axe de la région épicontrale passant entre Hai yuen, Kou-yuen, Wei-ning et Tsing-ning jusqu'à l'ouest de Tong-wei. C'est par elle que les formations anciennes auraient apparu à l'ouest de Hai-yuen.

(1) Clark et Sowerby Through Shen-kan, 19:2, p. 125 etc.

(2) Op. cit. vol. 1, p. 237.

(3) Voir la section par C. Y. Hsieh, Mém. Geol. Surv. China Ser. A, N°3, 1923, p. 144 fig. 40.

Des centaines de rapports ont été reçus des diverses provinces affectées par ce tremblement de terre. L'excès de détails donne une forme par trop irrégulière aux isoséistes. Il y a cependant deux particularités qui ont leur explication évidente dans la structure géologique: l'une est le centre secondaire au confluent de Wei-ho et Fen-ho, et l'autre le prolongement de la zone IV suivant le Tai-bang-chan jusqu'aux environs de Pékin. Ces deux régions qui sont plus fortement secouées par l'ébranlement du 16 décembre émis du Kansou oriental sont précisément des régions qui ont été elles-mêmes originaires des mouvements sismiques violents dans le temps historique; il semble que sous l'influence de grands séismes il se produit une sorte de mouvement sympathique et repercussif dans les régions instables voisines.

La sismicité de la région de King-yuen est déjà bien connue dans l'histoire chinoise; voici les grands ébranlements qui ont eu lieu.

Année	Région épicentrale	Description sommaire	Degré d'intensité
193 B.C.	Long-si (ouest de Long-chan) 隴西	Plus de 400 maisons renversées	X
47 B.C.	Long-si (ouest de Long-chan)	Eboulements montagnes; jaillissement d'eau; murailles, temples et habitations détruites; bcp. de morts	X
593 A.D.	Chen-si et Kansou	Plus de 1000 morts	X
600	Long-si	Plus de 1000 morts	X
743	Tsin-tcheou 秦州	Habitations détruites; 4000 morts	X
1117	Kou-yuen, 固原 Tchen-yuen 鎮原 et King-yang 慶陽	Dizaines de jours; inhabit. tribunaux et muraille détruites; bcp. d'écrasés	X
1125	Est de Lan-tcheou 蘭州	Fissure plus diz. de picds; greniers et trésor public détruits	X
1219	Kou-yuen, Long-té, 隆德	Maisons détruites; 10,000 morts	X!

		Ping-yang, Tchen-jong 鎮戎	
1306	Kou-yuen	Palais tribunaux et maisons détruites; plus de 5000 morts	XI
1352	Long-si	Secousses plus de 100 jours; montagnes déplacées, vallées obstruées; maisons détruites	X
1440	Lan-tcheou, Tchang-lan	10 jours; muraille, fortifications et habitat. détruites plus de 200 morts	X
1555	Bep. de morts à Ling-tai etc. ?	Probablement originaire de Wei-ho graben.	X
1561	Kou-yuen, Tchang-lan	Muraille, fortification, et maisons détruites; bep. morts	X
1571	Ming-tcheou 岷州	Temple, muraille et maison 50% renversées; bep. morts	X
1615	N.E. de Lan-cheou	Muraille renversée	X(?)
1622	Tsing-ning, 靜寧 Long-té, Tchen-yuen etc.	Muraille et 11,800 maisons détruites; plus de 2000 morts	X
1631	Lan-tcheou et Kong-tchang 鞏昌	Maisons détruites; morts	X
1654	Tsin-tcheou etc.	Muraille, tribunaux et habitat. presque entièrement démolies; plus de 10,000 morts	XI
1655	Anting 安定 (près Wei-ning)	Secousses plus. mois; maisons écroulées; morts	IX
1718	Tong-wei et Tsin-tcheou	Muraille moitié détruite à Tong-wei; plus de 4000 morts	X

1765	Wei-ning 會寧 et Fou-tchiang 伏羌	Bcp. fissures dans murailles à Wei-ning; bcp. maisons détruites, 770 morts à Fou-tchiang	X
1887	Hong-choei (N. de Lan-tcheou) 紅水	Muraille et maison détruites	IX
1888	So-han-pou (Tsing- yuen) 鎮罕堡	Muraille, maisons renversées; bcp. morts	X
1920	Entre Hai-yuen, Kou- yuen, Wei-ning, Tsin-ning et Tong-wei	Grands éboulement de loess; murailles, et maisons sévèrement détruites; plusieurs dizaines de mille morts	XI

On compte dans le tableau précédent 22 tremblements de terre destructeurs à partir de l'année 593, soit en moyenne 1 fois par 65 ans. L'aire épicertrale est peut être en réalité plus étendue que n'indique la carte sismique basée surtout sur l'observation de 1920, ou elle comprend plus d'un épicertrale dont l'origine reste à préciser.

AUTRES RÉGIONS ÉPICENTRALES DU KANSOU ET DU CHENSI.

La région déprimée entre le Nan-chan et le Pé-chan, ou l'oasis du Kan-sou a été plusieurs fois visitée par des tremblements de terre assez violents. Ce sont, par exemple, les 80 secousses senties en l'an 180 à Kan-tcheou et les ébranlements destructifs de 756 et 1609 senties à Sou-tcheou. Vraisemblablement il s'agit encore ici d'une zone d'effondrement.

Autres centres sismiques semblent se trouver à Liang-tcheou et à Si-ning; ils montrent une activité beaucoup plus faible.

Au Chensi occidental, il semble qu'un centre sismique existe aux environs de Fong-siang; et son influence, pas très forte d'ailleurs, se fait souvent sentir au Kansou oriental.

RÉGIONS ÉPICENTRALES DANS LA VALLÉE DE YANG-TSE.

La région de Nan-king, Tchang-tcheou, et Tchen-kiang le long le Fleuve, est bien connue pour la fréquence sismique. Mais l'ébranlement n'est jamais très fort. On en a l'expérience au commencement même de

l'année 1922. Géologiquement c'est le système tectonique de Nan-king⁽¹⁾ divisible en plusieurs parties par des failles qui atteignent parfois de grandes magnitudes.

Au nord du Hou-pé, il semble y avoir certaines régions d'où étaient parties quelques secousses peu fortes.

Au sud du lac de Po-yang, dans une direction N.E.E.-S.W.W. correspondant grossièrement à une chaîne de roches métamorphiques, il existe une zone épiscopentrale de faible intensité. Il en est de même à l'est du lac de Tong-ting.

La vraie cause sismogénique n'est pas bien évidente pour les régions épiscopentrales décrites ici; mais on peut dire en général que les cassures doivent y jouer un rôle prédominant.

LA RÉGION VOLCANIQUE DE TENG-YUÉ AU YUNNAN OCCIDENTAL.

Il en est autrement pour la région de Teng-yué d'où l'histoire chinoise a enregistré plusieurs tremblements de terre destructifs. L'étude de Coggin Brown a montré l'existence de volcans importants encore bien conservés quoique déjà éteints. L'étendue généralement restreinte des secousses senties semble un fait en faveur de leur origine volcanique. C'est la seule région en Chine dont la sismicité autant que les chroniques historiques révèlent soit attribuable directement au volcanisme.

VII. COMPARAISON DES SEISMITES ENGENDRÉES PAR DES STRUCTURE DIFFÉRENTES.

Il est a priori quasi impossible de donner une caractéristique numérique à une région épiscopentrale déterminée. Les chiffres qui n'expriment que la fréquence tiennent compte indistinctement des mouvements autochtones aussi bien que de ceux émis d'autres foyers et par conséquent étrangers au centre en question. Supposons deux épiscopentres situés assez loin pour qu'ils n'influencent pas apparemment l'un l'autre autant qu'on observe les macrosismes et une région intermédiaire qui soit ébranlée par les mouvements émis par tous les deux épiscopentres voisins. C'est cette région intermédiaire qui aurait une fréquence sismique apparente plus grande que celles des deux vrais

(1) V. K. Ting, *Geology of the Yangtze valley below Wuhu*, 1919, p. 41.

épicentres. Le degré d'intensité d'un ou deux ébranlements ne saurait non plus représenter la sismicité exacte d'une région épacentrale car en fait combien l'intensité peut être différente des diverses secousses d'un même centre. Si, au contraire, on connaît d'une manière assez complète et pour une période suffisamment longue, le nombre et l'intensité d'une série de tremblements de terre qui ont pris origine d'un centre déterminé, les chiffres qui expriment la fréquence moyenne et l'intensité générale de ces mouvements autochtones représenteront assez fidèlement la sismicité de ce centre. Malheureusement il n'existe guère de pays où l'observation soit assez complète et étendue à des périodes assez longues pour que de tels chiffres puissent avoir une signification réelle. Les chroniques historiques de Chine sont-elles suffisamment complètes et de période assez longue pour les utiliser dans ce but? On peut espérer obtenir quelques indications du tableau suivant.

Zone sismogénique	Struct. géol.	Fréquence moy.	Intensité générale
Fossé de Wei-ho - Fen-ho	Fossé d'effondrement	1: 37=27.0	X-XI
Flexure de Tai-hang-chan	Flexure et faille	1: 96=10.4	X-XI
Cassures au nord de Pékin	Flexure et faille	1: 159= 6.3	XIII-X
La limite S.W. du massif du Chan-tong	Flexure et faille	1: 152= 6.6	XIII-X
La cassure de Chan-long central	Flexure et faille (?)	1: 130= 7.7	V-XI
Yunnan oriental	Fossé d'effondrement	1: 17=58.8	X-XI
Région de Tali	Fossé d'effondrement	1: 23=43.5	X-XI
Côte de Chantong	Affaissement côtier	1: 119= 8.4	VIII-IX
Côte de Fou-kien	Affaissement côtier	1: 79=12.7	VIII-IX
Kansou méridional	Rebroussement	1: 62=16.1	X-XI(?)
Arc de Ho-chan (Anhosi)	Rebroussement	1: 60=16.7	VIII-X
Ho-lan-chan	Grand charriage	1: 86=11.6	X-XI(?)
Sutcheon méridional	Grand charriage	1: 136= 7.4	IX-X
Kansou oriental	Faille	1: 65=15.4	X-XI

Si l'on groupe ces résultats par la nature de la structure séismogénique, on a :

Structure géologique	Fréq. extrêmes	Fréq. moyenne	Intensité
Fossé d'affondrement	27.8-58.8	42.6	X-XI
Flexure et faille	6.3-10.4	8.3	VIII-XI
Affaissement côtier	8.4-12.7	10.5	VIII-X
Rebroussement (ou décrochement)	10.1-16.7	13.4	VIII-XI
Grand charriage	7.4-11.6	9.5	IX-XI

De ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les failles normales donnant lieu à la production d'affondrement ou de graben ont une influence séismogénique la plus forte. Les tremblements de terre ainsi engendrés sont les plus fréquents et les plus violents. Nous avons déjà vu que ces fossés d'affondrement sont de date relativement récente; l'activité séismique semble indiquer que le mouvement d'affaïssement continue encore aujourd'hui.

2° Les grandes flexures ne produisent des séismes que par les failles qui les accompagnent. Il semble qu'il n'y a aucune proportionnalité entre la séismicité et la grandeur des flexures; mais les tremblements de terre sont plus violents là où les fractures sont plus importantes. En tout cas, on voit nettement que la fréquence séismique est moins grande ici que dans les régions de la première catégorie. Il faut conclure de là que ce n'est pas le dénivellement qui cause les tremblements de terre; mais bien plutôt la cassure c'est-à-dire la discontinuité de l'écorce terrestre.

3° Les tremblements de terre sont plus fréquents dans les régions de côte disloguées que dans les zones de grandes flexures; mais ils sont généralement plus faibles; ce qui s'explique peut-être par l'âge plus ancien des dislocations.

4° Les rebroussements produisent des tremblements de terre à haute fréquence, ceux de charriage sont moins nombreux. Ce serait peut-être la différence du caractère séismique entre la discontinuité verticale ou à forte inclinaison—le rebroussement ou le décrochement—et celle horizontale ou peu inclinée—le chevauchement.

*Certes, il y a du danger à pousser trop loin les déductions basées sur les documents historiques. J'admets facilement que ces documents sont essentiellement incomplets et que l'intensité des secousses mentionnées sont parfois un peu exagérées. Le groupement des épacentres en zones est forcément arbitraire, et en conséquence, les indices numériques donnés ci-dessus ne sont peut-être pas des chiffres toujours comparables. D'autre part, il faut aussi reconnaître que la réalité des séismes historiques pour le plus grand nombre de cas est indubitable malgré les détails parfois extraordinaires qu'on en donne. Très souvent un même séisme est décrit dans plusieurs sources indépendantes qui se confirment ainsi mutuellement. La méthode que j'ai adoptée dans cette étude, en éliminant les mentions des secousses à épacentres incertains et en tenant compte seulement de celles dont on peut localiser l'origine, a précisément pour but d'avoir des données aussi comparables que possible des différentes régions et par suite de remédier à l'imperfection des documents historiques. Les données ainsi sélectionnées ont été utilisées pour dresser la carte sismique sans idée préconçue. On peut juger la justesse de la méthode par le résultat obtenu. Le groupement des épacentres ainsi localisés en des zones naturelles et la remarquable coïncidence des grandes secousses modernes avec ces zones constatée déjà plusieurs fois pendant ces dernières années semblent justifier pleinement l'application de cette méthode.

La vraie cause des tremblements de terre ne semble pas encore être bien connue par la science. Parmi les diverses théories depuis l'école déjà ancienne qui les attribuait exclusivement au volcanisme jusqu'aux autorités modernes qui tendent à les limiter aux zones de plissement himalayien, chacune n'a atteint probablement que des portions—plus ou moins grandes il est vrai—de la vérité. Les causes géologiques des tremblements de terre sont vraisemblablement multiples; les dislocations radiales ou failles d'affaissement prédominant dans des pays de formation ancienne n'en seraient pas moins responsables que les plissement ou les charriages qui caractérisent surtout des régions formées aux dépens des derniers géosynclinaux. La secousse du 16 décembre 1920 du Kauson oriental n'a-t-elle pas ébranlé une portion de

* Les derniers paragraphes ont été ajoutés en 1923.

l'écorce terrestre beaucoup plus étendue que le dernier grand séisme du Japon? Mais de nouveau il semblerait dangereux d'aller trop loin; il vaut mieux étudier soigneusement la relation entre les caractères séismiques—intensité, fréquence, étendue de l'ébranlement etc —et la nature tectonique de la région épicontrale. C'est par cette étude que nous mènerons à connaître la vraie cause des tremblements de terre, peu importe que la conclusion soit en harmonie ou en contradiction avec les théories courantes.
