

trale de l'écorce se serait trouvée entraînée vers l'est, autrement dit dans le sens même du mouvement de rotation de notre globe.

Enfin, l'examen d'une carte bathymétrique fait ressortir un fait très significatif : c'est qu'un abaissement de 2 000 mètres dans le niveau de la mer ne changerait presque rien au contour des continents. Les seules modifications importantes qui en résulteraient seraient les suivantes : Terre-Neuve et le Labrador se trouveraient réunis au Groënland, et de ce dernier à l'Europe s'étendrait, par l'Islande, une terre isolant la fosse atlantique de celle de la mer boréale. Cette même terre comprendrait les îles Britanniques, rattachées d'un côté à l'Espagne, de l'autre à la Scandinavie et, par là, au Spitzberg. L'Amérique du Sud s'élargirait vers sa pointe, dépassant les îles Malouines. Le Japon se rattacherait, d'un côté au Kamtchatka, de l'autre à la Chine, et l'Indo-Chine ferait corps avec les îles de la Sonde ainsi que les Philippines. Enfin, l'Australie, augmentée de la Tasmanie et de la Nouvelle-Guinée, enverrait de son angle nord-est un prolongement rectiligne, qui se recourberait ensuite brusquement pour faire le tour de la Nouvelle-Zélande, mais en laissant entre cette terre et le rivage australien une fosse profonde. En somme, ces modifications seraient d'une importance très secondaire, et le fait que tout le reste du dessin continental subsisterait attesté avec quelle force il doit être gravé dans l'écorce.

Telles sont, largement esquissées, ce qu'on peut appeler les données fondamentales de la géographie physique. A travers la complication qui nous avait frappés au premier abord, toutes concourent à laisser entrevoir un dessin d'ensemble, plus ou moins dissimulé par les changements successifs qu'une longue suite de siècles a fait subir à la surface de l'écorce. Et l'invincible impression qui s'en dégage est celle de causes profondes autant que puissantes, auxquelles il est nécessaire de demander le secret d'une structure dont les traits dépassent de beaucoup, en ampleur et en généralité, ce qu'il est possible d'expliquer par des actions purement superficielles¹.

A. DE LAPPARENT,

Professeur à l'École libre des Hautes-Études

1. Pendant l'impression de ce travail, il nous est arrivé une note de M. Lawson, intitulée : *Géomorphogénie de la Californie septentrionale*. Nous nous empressons de restituer au savant américain la paternité de ce mot de *Géomorphogénie*, que nous proposons timidement au début de cette étude, sans savoir qu'il était déjà créé.

LE TREMBLEMENT DE TERRE DE CONSTANTINOPLE

DU 10 JUILLET 1894

Historique. — La ville de Byzance dès l'antiquité a souffert à plusieurs reprises de grands tremblements de terre. Parmi ces phénomènes, nous allons citer les plus désastreux.

Sous le règne de Théodose le Petit, le dimanche 26 janvier 446, à 2 heures, eut lieu un tremblement de terre très violent, qui détruisit les fortifications et un grand nombre de maisons de la ville. Les dégâts furent considérables surtout entre la porte Troadisie et le Tétrayon. Les secousses ont duré pendant trois mois.

Un séisme plus désastreux encore se produisit au mois de septembre 478, sous le règne de Zénon l'Isaurien. D'après l'historien Kédrinos, ce tremblement de terre ruina un grand nombre de maisons et d'églises et une foule de personnes furent ensevelies sous les ruines ; la colonne de Théodose le Grand tomba, ainsi que les fortifications intérieures sur une assez grande longueur. Les secousses continuèrent longtemps.

Sous le règne de l'empereur Justinien, entre 527 et 565, nous avons une série de neuf séismes. Un des plus importants de cette série a été celui du 16 août 554. Suivant l'historien Kédrinos, plusieurs maisons, églises et établissements de bains ainsi que les fortifications, surtout celles de la Porte d'Or tombèrent, et un grand nombre de personnes furent tuées. Celui de 558 fut au moins aussi fort que le précédent. D'après le même historien les deux fortifications de Constantinople, celle de l'Est et celle de l'Ouest, souffrirent énormément ; un grand nombre de maisons et d'églises furent ruinées ; les faubourgs et Righio restèrent méconnaissables. Les secousses continuèrent pendant dix jours.

Le 26 octobre 740, sous le règne de Léon l'Isaurien, eut lieu un tremblement de terre très violent. Suivant Zonaras, un grand nombre de maisons et d'églises tombèrent et plusieurs personnes furent ensevelies sous les ruines ; la colonne d'Arcadius, la statue de Théodose le Grand et les fortifications de la ville situées du côté de la terre furent renversées.

Un tremblement de terre moins fort eut lieu le 10 janvier 870, sous le règne de Basile le Macédonien ; l'église de Notre-Dame fut renversée et la chute en tua beaucoup de personnes.

Au mois d'octobre 986, sous le règne de Basile le Bulgaroctone,

un grand tremblement de terre détruisit beaucoup de maisons et d'églises.

Pendant l'année 990, un grand tremblement de terre, entre autres dégâts, renversa le tiers de la fameuse église de Constantinople, Sainte-Sophie.

Un tremblement de terre assez fort eut lieu en 1033, pendant le règne de Romanos, et produisit plusieurs dégâts importants.

La nuit du 23 septembre 1063, d'après Skillitzis, Constantinople subit un des plus violents tremblements de terre. Beaucoup de maisons, de colonnes et d'églises furent renversées; l'église de Sainte-Sophie fut fortement ébranlée et les murs des palais royaux s'écroulèrent.

Un tremblement de terre fort violent eut lieu le 14 septembre 1509, sous le règne du sultan Mohamet II. Ce séisme détruisit une grande partie des fortifications de la ville, 1 070 maisons, 109 mosquées et beaucoup d'églises; 13 000 personnes furent tuées et une énorme crevasse produite dans les palais du Grand Vizir engloutit un grand nombre de chevaux et de personnes. Il dura pendant quarante-cinq jours.

Au mois de mai 1767, sous le règne du sultan Moustafa III, eut lieu un séisme très violent, qui produisit beaucoup de dégâts à l'Eptapyrgion, aux fortifications de terre et à plusieurs autres constructions; il renversa le Bésir-Han, la coupole du Sultan-Bayezid, les mosquées du Sultan Mehemet, et un grand nombre de maisons et d'églises. Ce séisme dura jusqu'au 5 août 1767.

Le 24 septembre 1802, sous le règne de Mahmoud II, Constantinople éprouva un séisme violent qui renversa beaucoup de maisons, d'églises, de mosquées et une partie du palais royal. C'est le dernier dans la série des anciens grands séismes.

Ceux de 1855 et de 1863 furent beaucoup plus légers que les précédents.

L'étude générale de tous les tremblements de terre de Constantinople montre que les grands comme les petits deviennent beaucoup plus rares pendant les derniers siècles. Dans la série de ces phénomènes, qui se sont succédé depuis quinze siècles, on ne voit aucune période régulière. Mais on doit considérer comme certain que la fréquence du phénomène de grande violence a considérablement et graduellement diminué, surtout depuis 1063.

Description du dernier séisme. — Ce tremblement de terre a commencé le 10 juillet 1894 à 12 h. 24 min. du soir (temps moyen de Constantinople) par trois secousses violentes, qui ont déterminé la presque totalité des désastres observés. La première secousse a été précédée pendant une à deux secondes d'un fort bruit souterrain, strident, ressemblant à celui d'un grand nombre de voitures en

marche sur une route pavée. La première secousse qui était accompagnée par le bruit souterrain, a été horizontale et la plus faible de toutes; elle n'a jeté par terre, ni même déplacé aucun objet mobilier de quelque faible stabilité que ce fût; elle a duré quatre à cinq secondes en augmentant progressivement d'intensité. La deuxième secousse, qui se produisit tout de suite après la première, a été très violente et prolongée; elle a été verticale et rotatoire et augmenta graduellement d'intensité; elle a duré huit à neuf secondes et a produit presque tous les dégâts importants. Cette secousse a été accompagnée aussi par le même bruit souterrain que la première. Enfin la troisième secousse, qui a immédiatement suivi, a été ondulatoire et vers la fin horizontale; pendant sa majeure durée le sol oscillait comme une mer houleuse. Elle était plus faible que la deuxième et a duré cinq secondes. Le même bruit souterrain accompagnait cette secousse. Donc la durée totale de ces trois secousses, qui n'ont été séparées que par des intervalles de temps extrêmement faibles, a été dix-sept à dix-huit secondes. Les trois secousses ont eu, à tous les points de l'épicentre, la même direction NE-SW, avec des variations de quelques degrés à peine d'un côté ou de l'autre.

La durée et la force extraordinaires de la deuxième et de la troisième secousse ont inspiré la panique aux habitants de la ville de Constantinople et de ses environs, qui depuis longtemps n'ayant pas souffert de forts tremblements de terre, n'y étaient pas du tout habitués. Les maisons et surtout celles en bois oscillaient fortement, le sol s'ébranlait à un tel degré qu'on ne pouvait pas rester debout, les arbres et les plantes en général s'inclinaient et se balançaient tellement qu'on croyait qu'ils allaient être déracinés. La plus grande partie des habitants, effrayés, abandonnèrent leurs maisons, leurs magasins et leurs bureaux dans l'état où ils se trouvaient, avec les caisses et les portes ouvertes, et ne songeant qu'à se sauver dans les rues, dans les jardins. C'était un spectacle des plus étranges, qui faisait peine: des dames, les cheveux défaits, sommairement vêtues, des élégantes en négligé, d'autres avec des enfants à la mamelle, des vieillards infirmes, quelques blessés, couraient et criaient dans les rues.

A Galata une foule énorme se réfugia sur le pont, croyant que la terre ferme ne présentait pas assez de sécurité. Les deux ponts étaient pleins de monde. Les bateaux et les barques sont pris d'assaut par la foule et la poussière des maisons renversées couvre la ville d'un nuage épais. La panique a été telle que, pendant plusieurs jours, beaucoup d'habitants de la ville et de ses environs ont couché dans les jardins publics sous des tentes ou dans des baraques en bois.

Les violentes secousses du 10 juillet à midi ont été suivies d'une série d'autres, beaucoup moins fortes, le même jour et les jours sui-

vants. De ces secousses, les plus sensibles ont été celles du 12 juillet, 4 h. 10 min. du soir, d'une durée de deux secondes, et celle du 18 juillet, 11 h. 58 min. du matin; elles étaient accompagnées d'un bruit souterrain ressemblant à celui de la chute d'énormes rochers sous le sol.

En quelques endroits, à plusieurs reprises, après les premières secousses on a entendu un bruit souterrain, qui n'était pas accompagné de secousses sensibles.

La période séismique de Constantinople continue encore; des secousses légères, sans aucun dégât matériel, se succèdent de temps à autre jusqu'aujourd'hui. Mais leur intensité n'est plus la même partout. Quelques-unes d'entre elles ont été à certains endroits assez fortes pour effrayer le monde et le faire sortir dans les rues, tandis qu'ailleurs elles étaient à peine sensibles ou sont passées inaperçues. Ce sont des phénomènes locaux dus à des causes secondaires.

Étendue et courbes isoséistes. — Grâce au grand intérêt que S. M. I. le Sultan a bien voulu montrer pour l'étude approfondie de ce séisme et à la générosité avec laquelle a été mis à ma disposition un bateau à vapeur de l'État, j'ai pu (accompagné par MM. A. Coumbary et E. Lacoine, les distingués directeur et sous-directeur de l'Observatoire Impérial de Constantinople, H. Valsamaki, professeur de mathématiques et Vassif, officier d'état-major de la Marine Impériale) visiter presque tous les endroits les plus maltraités et me former une idée exacte de la nature, de l'intensité et de l'étendue du phénomène.

En nous basant sur nos propres observations, les dépêches officielles de MM. les gouverneurs et un grand nombre d'autres renseignements précis que nous avons reçus, nous avons pu tracer les courbes isoséistes.

Ces courbes séparent la surface de la terre ébranlée en cinq zones de plus en plus grandes. La première (n° 1 de la carte), qui constitue l'épicentre, comprend les lieux qui ont été les plus éprouvés et où des constructions solides s'écroulèrent. Cette zone épiscopale, comme d'ordinaire, affecte la forme d'une ellipse très allongée, dont le grand axe s'étend de Tchataldja jusqu'à Ada-Bazar, parallèlement au golfe d'Ismid, a une longueur de 175 kilomètres; son petit axe compris entre les villages de Katirly et Maltépé, à l'embouchure dudit golfe, a une longueur de 39 kilomètres. La direction des secousses est à peu près parallèle au petit axe de l'ellipse.

Dans la deuxième zone (n° 2), quelques habitations seulement, mal construites, ont été renversées; la plupart des maisons n'ont subi que de légères crevasses. Cette zone est délimitée par l'isoséiste qui passe par Tchourlou, Rodosto, Moudania, Akhissar, Khandak, Derkos; elle affecte aussi une forme elliptique, dont le grand axe a une longueur de 248 et le petit de 74 kilomètres. La troisième zone (n° 3),

dans laquelle le séisme a été fort et n'a fait que jeter par terre ou déplacer quelques objets mobiliers, sans dégâts de maisons, affecte aussi la forme d'une grande ellipse, dont le grand axe a une longueur de 354 et le petit de 175 kilomètres. Elle est délimitée par une isoséiste qui passe par Panderma et Karakeuy près de Biledjik.

La quatrième zone, s'étendant jusqu'à Janina, Bucharest, la Crète, la Grèce, Konia et une grande partie de la Turquie d'Asie, contient les pays où le tremblement de terre a été plus ou moins faible, mais toujours sensible à l'observation directe, sans produire aucun dommage.

La cinquième zone, qui a une étendue immense et embrasse toute l'Europe et au moins une grande partie de l'Asie et de l'Afrique, contient les pays où le séisme a été très faible et sensible seulement aux instruments séismographiques et magnétiques. Suivant nos renseignements le séisme a été sensible aux instruments de Pavlovsk (Russie), de Paris, de Potsdam, de Wilhelmshaven, d'Utrecht et de Kew.

D'après ce qui précède, on voit que le séisme de Constantinople a eu une aire de propagation considérable; au point de vue de l'étendue et de la durée des secousses c'est un des plus grands tremblements de terre connus. Son épicentre surtout est remarquable par ses dimensions. En Andalousie, le 25 décembre 1884, l'épicentre n'a eu que 40 kilomètres de long et 10 kilomètres de large; celui d'Ischia de 1883 n'a eu que 1^k,5 de long et 0^k,5 seulement de large; celui de Menton-Nice de 1887 n'avait que 55 kilomètres de long et 30 kilomètres de large.

Mais la violence des tremblements de terre n'est pas nécessairement proportionnelle à leur étendue, et sous ce rapport le séisme de Constantinople ne doit pas être considéré comme plus fort que ceux que nous venons de citer, au contraire; s'il a été plus fort que celui qui en 1893 a ruiné l'île de Zante, il a été plus faible que le dernier séisme de Locride, dont l'épicentre cependant n'avait que 70 kilomètres de long et 65 de large.

Dégâts. — Les localités comprises dans l'épicentre ont été fort maltraitées; plusieurs centaines de personnes ont été tuées et blessées et les dégâts matériels sont considérables. Un grand nombre de maisons se sont presque complètement écroulées ou sont devenues inhabitables; la plupart d'entre elles sont plus ou moins fortement lézardées et il n'y en a pas une qui soit restée intacte. Plusieurs établissements publics, écoles, églises et mosquées ont subi des dégâts importants; ils se sont écroulés ou ont été disloqués. Un grand nombre de clochers et de minarets ont été décapités ou complètement renversés; les cheminées de la plupart des maisons ont été jetées à terre.

À Stamboul le désastre a été considérable à tous les points de vue; le Grand-Bazar surtout n'est plus que ruines. L'aspect général de ce colossal marché, qui date en grande partie de l'époque byzantine, est

celui d'un amas de pierres et de décombres de toute sorte. Plusieurs centaines de personnes y ont été tuées et blessées. La destruction de ce marché, qui contenait des milliers de petits magasins, constitue le dégât le plus important de tous ceux occasionnés par le dernier séisme de Constantinople. L'importance de la catastrophe a été considérablement accrue par l'étroitesse des rues, la mauvaise construction des bâtisses et leur vétusté. Un grand nombre de personnes ont été tuées en se serrant dans les sorties vers les portes. A Stamboul, outre le Grand-Bazar, un grand nombre d'édifices de mauvaise construction, parmi lesquels quelques mosquées et plusieurs minarets, ont été disloqués ou renversés complètement. L'église ancienne et fameuse, Sainte-Sophie, fort heureusement est restée presque intacte, ses murs ne présentent aucune crevasse et seulement les décorations des coupoles ont subi quelques dégâts légers. Les anciennes fortifications byzantines de la ville ont été peu éprouvées; à quelques endroits très rares, elles ont été légèrement disloquées, et certaines petites parties se sont écroulées.

Il est à noter qu'à *Pera*, le tremblement de terre a été moins fort et n'a causé que très peu de dégâts. Quelques maisons ont été légèrement crevassées et plusieurs cheminées seulement sont tombées. Ce phénomène, qui ne peut pas être expliqué ni par une différence de la nature du sol entre Stamboul et *Pera*, ni par la distance plus grande de ce dernier quartier de Constantinople du foyer séismique, provient peut-être soit de l'existence de fissures dans le sol entre Stamboul et *Pera*, soit d'une réflexion totale du mouvement séismique dans l'intérieur du sol, à cause de différences dans la densité des différentes couches dont il est composé, soit enfin d'un phénomène d'interférence des ondes séismiques.

Dans l'île de *Halki*, l'école navale impériale a eu beaucoup de crevasses; son minaret a été coupé en deux et projeté vers le S.-W. L'École de théologie (v. Photog. n° 1), située sur une colline boisée à quelque distance de la mer, a été complètement détruite. La plupart de ses murs en pierre, quoique reliés par des barres en fer, se sont écroulés ou ont été fortement crevassés. Les murs en briques de l'entrée sont restés presque intacts, tandis que les murs en pierres qui leur sont parallèles ont subi de grandes crevasses. Le côté E. et le toit de la bibliothèque de cette école sont tombés. Les murs de l'église très solides ne présentent que de légères crevasses sous forme de V aux coins, et la partie en bois de l'école est restée presque intacte. L'École de commerce située près de l'École de théologie n'a subi relativement que de très légers dégâts; le bâtiment principal, aux murs renforcés par des barres de fer, bien que haut de cinq étages, ne présente que quelques légères crevasses.

Dans l'île *Antigoni* l'église Saint-Jean, bâtie depuis 1180, a subi des

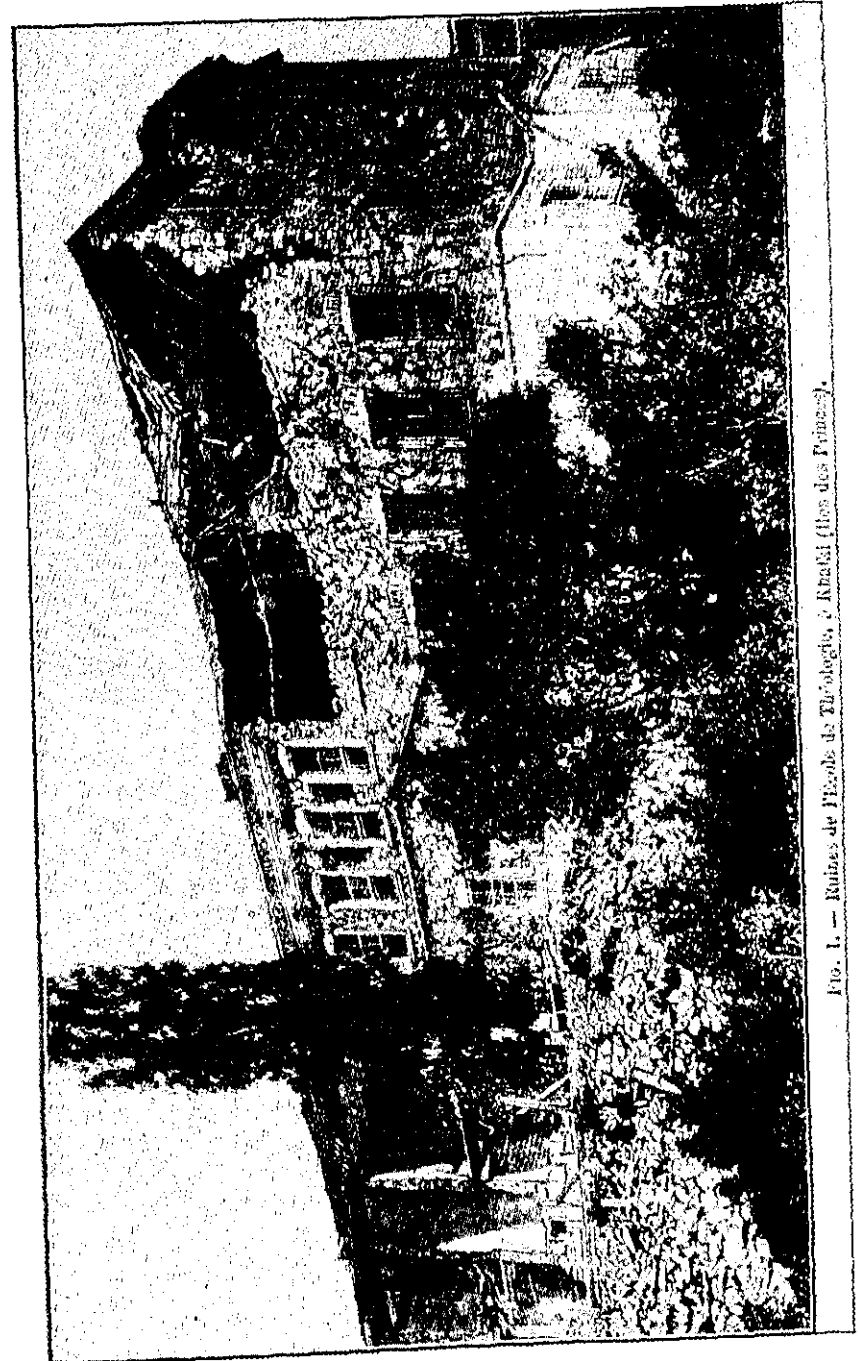


Fig. 1. — Ruines de l'École de Théologie, à *Pera* (Iles des Princes).

dégâts très importants, et toutes les maisons, de mauvaise construction, ont été très lézardées; plusieurs se sont écroulées.

Dans ces deux dernières îles; à Halki et à Antigoni, le tremblement de terre a eu sans doute un degré d'intensité plus grand que partout ailleurs dans l'épicentre; en tous cas, c'est là que l'on peut observer le maximum de destruction.

A *Prinkipos*, *Plati*, *Proti*, *Saint-Stephanos* (v. Photog. n° 2), *Makrikey* et aux autres endroits épicaux, le séisme a produit de grands dégâts, il a renversé beaucoup d'églises, de maisons, de mosquées et de cheminées, il a crevassé des murs, des fortifications et des tours, mais en général il a été un peu plus faible que dans les deux îles mentionnées plus haut.

Dans quelques localités la constitution géologique du sol a aggravé les dommages et contribué considérablement au désastre. A *Katirly* la moitié du village bâtie sur un sol meuble a été ruinée, tandis que l'autre moitié, qui est établie sur un sol plus solide, est restée intacte. A *Yalova*, une ferme bâtie sur un sol sableux a été renversée tandis que le village même n'a pas souffert beaucoup.

En plusieurs lieux de l'épicentre les résultats désastreux de ce tremblement de terre ont été aggravés par la mauvaise construction, et par la vétusté des bâtiments, la mauvaise qualité des matériaux et surtout à *Stamboul* et dans les villages. La plupart des maisons de Constantinople et de ses environs sont en bois. Si toutes les maisons avaient été en pierre et mal bâties, l'intensité du séisme aurait occasionné des catastrophes incomparablement plus funestes. Les constructions en bois ont résisté admirablement aux secousses. En plusieurs endroits, nous avons vu de vieilles maisons en bois, en très mauvais état, demeurer presque intactes, tandis qu'à côté d'elles de belles maisons en pierre toutes neuves se sont écroulées. Ainsi les maisons en bois paraissent être, si l'on peut s'exprimer ainsi, *antiséismiques*, tandis que les maisons en pierre au contraire n'ont que très rarement résisté aux secousses d'égale intensité.

A *Saint-Stephanos*, où 250 maisons ont été rendues presque inhabitables, il n'y a qu'une seule maison en pierre qui soit restée intacte. L'exemple de l'École du commerce de Halki, que nous avons cité plus haut, constitue une exception encore due, ainsi que la précédente, à la bonne qualité des matériaux, à l'excellente construction et à la jonction des murs par des barres en fer. Mais le petit nombre d'exceptions, que nous avons rencontrées dans l'épicentre, ne constituent pas la règle.

Après les maisons en bois, celles qui ont le mieux résisté sont les maisons en brique. Ces bâtisses, toutes les fois qu'elles étaient de bonne construction et solidement reliées par des barres en fer, n'ont

rien subi ou très peu de chose. En général, dans les mêmes conditions, les constructions en brique ont mieux supporté le choc que celles en pierre. A *Prinkipos*, dans la maison de M. Mesrobian, de deux murs parallèles, l'un en pierre et l'autre en brique, le premier s'est écroulé, tandis que le second est resté presque intact. Dans la même maison un mur construit en brique avec une petite partie au milieu en pierre est resté intact, sauf cette partie en pierre qui s'est effondrée complètement. A Halki, la façade d'une maison construite en pierre et brique



FIG. 2. — Maison à Saint-Stephanos.

s'est complètement écroulée, tandis que les autres murs de la même maison, construits simplement en brique, n'ont rien subi

Dans toutes les bâtisses, d'ailleurs, ce sont les murs qui étaient perpendiculaires à la direction des secousses qui ont souffert le plus de dégâts, tandis que les murs parallèles sont restés intacts ou ont éprouvé relativement beaucoup moins de dommages¹. Les crevasses des murs étaient généralement inclinées de 40° vers l'horizon et formaient un X; quelques-unes seulement étaient verticales et horizontales. Les crevasses sous forme de X se sont présentées surtout dans les constructions dont les diagonales étaient parallèles à la direction des secousses séismiques.

Direction rotatoire et verticale des secousses. — La direction rotatoire

1. Cf. *Annales de géographie*, II, 15 avril 1893, p. 273-280, *Rapport sur le tremblement de terre de Zante*, par E. Ardaillon.

et verticale des secousses a été observée en plusieurs endroits de l'épicentre. Dans l'île de Prinkipos la grande cheminée en forme de pyramide d'un moulin a été séparée horizontalement en trois morceaux, qui ont tourné du N. à l'E., celui d'en haut de 0^m,04, celui du milieu un peu moins et le troisième encore moins. Une petite cheminée de maison a tourné de 30° à peu près dans le même sens que la précédente. Dans une autre maison deux vases à fleurs ont été lancés en l'air et projetés hors de leurs socles cylindriques. Un pilier en brique a été coupé horizontalement en deux morceaux; celui du haut a été élevé à une hauteur de quelques centimètres, puis s'est dégagé des barres de fer horizontales qui le serraient: il a tourné de 90° et est retombé sur l'autre morceau. Nous avons recueilli une foule de faits pareils par lesquels est démontrée la direction verticale et rotatoire des secousses.

Crevasse et effondrements du sol. — Le sol de l'épicentre ne présente pas beaucoup de crevasse. La plus importante de toutes celles que nous avons observées est celle du village Hambarly, bâti sur un soc d'alluvion. Cette crevasse a 3 kilomètres de long et 0^m,08 au maximum de large; elle a une direction E-W parallèlement à la côte, dont elle est éloignée de 300 mètres. Au même endroit il se produisit encore une crevasse parallèle à la première, à 30 mètres plus près de la mer, de 100 mètres de long et de 0^m,06 de large. La largeur de ces crevasse diminue tous les jours graduellement. A Halki s'est produite, entre l'École de théologie et celle du commerce, une crevasse très étroite de 200 mètres de long et dirigée NW-SE. A Antigoni, nous avons observé quelques petites crevasse parallèles à la côte dirigées NE-SW; près de ces crevasse le sol a subi un léger affaissement. A Proti, le sol a présenté une série de crevasse parallèles à la côte et dirigées N.-S.; la longueur de la plus importante de ces crevasse était de 200 mètres et sa largeur de 0^m,06. A Katirli, à Pendik, à Karakeuy et à Yalova, nous avons observé quelques autres crevasse près du rivage de la mer. Quant à des affaissements importants du rivage, nous n'en avons observé nulle part et les sondages que nous avons pu faire, grâce à la présence de Vassif-Effendi, ne nous ont pas révélé de changements; les fonds sont restés tels que les donne la carte de l'Amirauté anglaise.

Dans la section du câble Kartal-Dardanelles de la *Compagnie de l'Eastern Telegraph* à 3 milles de Kartal, le câble a été coupé en plusieurs endroits. Lorsque quelques jours après on l'a retiré, on s'est aperçu que le câble portait des cassures nettes comme s'il avait été coupé au couteau; ce qui montre que les cassures ne sont pas le résultat d'une grande tension mais probablement celui de la chute de rochers. Les sondages que Vassif-Effendi a faits en cet endroit présen-

tent quelques différences avec la carte anglaise, mais il n'est pas sûr que les points sondés correspondent exactement à ceux de la carte.

Sources et puits. — Le séisme du 10 juillet a affecté aussi les sources et les puits. Quelques heures après les secousses on a observé que les eaux des sources thermales Koury-Yalova ont cessé de couler jusqu'au soir; mais ni leur température qui est de 72° centigrades ni leur qualité n'ont varié. A Hambarly, l'eau de source de la fontaine a manqué pendant une demi-heure après le séisme et lorsqu'elle est revenue elle est restée trouble pendant deux heures; sa qualité et sa quantité n'ont subi aucun changement. A Katirly, l'eau de toutes les sources du village a doublé pendant 10 jours et ensuite elle a repris son état normal. A Saint-Kyriaky du même village une source appelée *Agiasma*, qui n'avait pas d'eau depuis quelque temps, a recommencé à couler.

Les puits ont subi aussi des changements en plusieurs localités de l'épicentre. L'eau de quelques-uns d'entre eux a été doublée et est devenue trouble; dans d'autres, elle a été troublée seulement.

Les vagues séismiques. — Les eaux de la mer ont été fortement agitées le long de tout le littoral épical. Presque sur tous les points de l'épicentre, on a observé que la mer, après s'être retirée de quelques mètres, est revenue de nouveau; après quelques oscillations, elle a repris son état normal. A Saint-Stephanos, la mer s'est retirée, au commencement, de 200 mètres à peu près, en s'élevant de 1^m,50 au-dessus de son niveau ordinaire; elle est revenue avec violence et a jeté sur la terre deux grandes barques. Ce mouvement de la mer allait en diminuant et a duré pendant deux minutes.

Il est à noter que partout dans l'épicentre les eaux de la mer ont commencé d'abord par se retirer et puis elles sont revenues; malheureusement on n'a pas observé si le contraire a eu lieu sur les côtes opposées de la mer de Marmara, hors de la zone épical.

Gaz et vapeurs. — Dans un grand nombre de localités côtières, pendant le séisme, on a observé que la mer bouillonnait. A Saint-Stephanos, un marin, au moment du séisme, ayant plongé sa main dans l'eau de la mer, sentit qu'elle était tiède. Au même endroit, une dame, qui prenait un bain un quart d'heure environ avant le tremblement de terre, a senti la mer très tiède. A Yeni-Keuy, deux dames qui prenaient leur bain de mer avant le séisme ont observé le même phénomène et ont vu tout d'un coup s'élever deux grandes vagues, tandis que la mer et l'atmosphère étaient calmes. A Makrikeuy, une dame ayant puisé de l'eau dans un puits un peu avant les secousses, a remarqué qu'elle était tiède, tandis que d'ordinaire elle est fraîche. A Galata, plusieurs personnes ont remarqué que pendant le séisme le sol était

beaucoup plus chaud que d'ordinaire. A Katirly, les habitants sont d'accord pour dire que pendant le tremblement de terre une colonne grisâtre, ressemblant à de la vapeur, s'est élevée de la mer, graduellement à une hauteur de 10 mètres et a parcouru du SE au NW une distance de 8 kilomètres sur la surface de la mer. A Prinkipos, on a observé le lendemain du jour du séisme, ainsi que les deux jours suivants, une bande étroite, nébuleuse, grisâtre, d'une longueur de 3 kilomètres, dirigée SE-NW et reposant sur la surface de la mer. A Hambarly enfin, les habitants racontent qu'au moment du séisme une quantité d'air chaud les a entourés.

De tous ces témoignages que nous avons vérifiés, il résulte qu'avant et après, ainsi que pendant le séisme, il y a eu des dégagements de grandes quantités de gaz et de vapeurs chaudes qui ont échauffé l'eau de la mer et ont produit les phénomènes précités.

Un exemple de pronostic de tremblement de terre, fondé sur une observation de l'eau de puits, est cité par Diogène Laërce (I, 112) : il dit que Phérécide, le maître de Pythagore, ayant bu de l'eau puisée dans un puits, prédit qu'un tremblement de terre allait avoir lieu, et, en effet, il eut lieu. Maxime de Tyr (XIX, 5) fixe même l'endroit où le séisme eut lieu : l'île de Samos.

Signes précurseurs. — Outre les dégagements de gaz et de vapeurs qui ont eu lieu avant les trois fortes secousses, on doit considérer comme certain que des frémissements du sol très faibles ou d'autres phénomènes géologiques ont eu lieu et ont servi aux animaux comme signes précurseurs du désastre.

En plusieurs endroits de l'épicentre, on a été profondément impressionné par ce fait que les hirondelles, quelques minutes avant le séisme, effrayées, ont quitté leurs nids et sont parties; en quelques endroits, elles se sont élevées à de grandes hauteurs et ne sont revenues qu'après les secousses, tandis qu'en d'autres elles se sont réfugiées en masse sur les lignes télégraphiques.

Le même phénomène a été observé à Saint-Stephanos pendant les deux secousses du 12 juillet, et a produit une telle impression que quelques personnes, aussitôt qu'elles ont observé le départ des hirondelles, sont sorties en attendant une nouvelle secousse, qui se produisit une minute après.

Quelques minutes avant le séisme, on a observé en plusieurs localités de l'épicentre que les poules et autres animaux, pris d'effroi, cherchaient à fuir et à se cacher.

Ces observations sur les animaux ont été faites par les anciens pendant le grand tremblement de terre de 373 avant notre ère, qui a détruit Heliké, ville du Péloponèse. Élien, dans son ouvrage *Sur les animaux* (XI, § 19), décrivant la destruction de cette ville, dit que :

« cinq jours avant le désastre toutes les souris, les chats, les serpents et d'autres animaux qui vivent dans la terre, sont sortis sur la surface et se sont dirigés vers Kyrnia. Les habitants d'Héliké voyant ce phénomène s'étonnaient, mais ils ne pouvaient pas l'expliquer. »

Ces phénomènes qui doivent être attribués probablement à de faibles frémissements du sol précédant les fortes secousses, et que les animaux plus sensibles que l'homme peuvent sentir, devraient pro-



FIG. 3. — État des fortifications à Edimé-Kapou.

voquer des recherches de construction d'instruments microphoniques et microsismiques capables d'annoncer les légers frémissements du sol et par conséquent de provoquer l'attention sur la probabilité de fortes secousses à venir.

Les anciens écrivains citent encore un pronostic de tremblement de terre, sans donner malheureusement le détail des observations sur lesquelles ce pronostic a été fondé.

Cicéron (*De Divinatione*, I, 50) dit que « le physicien Anaximandre a conseillé aux Lacédémoniens d'abandonner la ville et les habitations et de passer la nuit à la campagne, car un séisme allait avoir lieu. Et, en effet, la ville tout entière fut ruinée. La même citation se retrouve chez Plin (Hist. nat., II, 81). »

Foyer du séisme. — Si nous tenons compte de l'identité de la direction et de la simultanéité des secousses à tous les points épicaux, ainsi que la forme étroite de la bande de l'épicentre, nous devons considérer comme certain que l'ébranlement n'a pas été *central*, mais *linéaire*. En d'autres termes, le foyer du séisme n'a pas été un point, mais toute une ligne dirigée parallèlement au grand axe épicaux et à une certaine profondeur au-dessous de lui. Le grand axe s'étend le long et au milieu du golfe d'Ismid, et à la sortie du golfe se prolonge parallèlement au rivage septentrional.

L'étendue extraordinaire de ce tremblement de terre indique d'avance que son foyer d'ébranlement doit avoir une profondeur considérable. En effet, d'après la méthode de Dutton et Hayden, nous avons trouvé que cette profondeur devait être de 34 kilomètres. — M. Lacoine ayant calculé cette même profondeur par une autre méthode, basée sur les différents moments où le séisme a été senti en divers pays, trouve le même chiffre, ce qui confirme la probabilité de notre résultat.

Les profondeurs calculées jusqu'ici des centres des grands tremblements de terre des 150 dernières années varient entre 250 mètres et 50 kilomètres. De ces centres, neuf seulement ont été trouvés plus profonds que celui de Charleston, qui était de 29 kilomètres, la plupart ont été beaucoup moins profonds. Donc le foyer d'ébranlement du dernier séisme de Constantinople doit être considéré comme un des plus profonds des 150 dernières années.

Vitesse de propagation. — A l'aide des observations faites en France, en Russie et en Roumanie, nous avons pu calculer la vitesse avec laquelle les secousses séismiques se sont propagées. A Paris le choc est arrivé avec une vitesse de 3 kilomètres, à Pavlovsk avec une vitesse de 3,5 kilomètres, et à Bucarest avec une vitesse de 3,7 kilomètres par seconde. Pendant le dernier tremblement de terre de Locride, en nous basant sur des observations très précises faites par M. Davison à Birmingham et par nous à l'observatoire d'Athènes, nous avons trouvé que la vitesse de propagation de ce séisme jusqu'à Birmingham a été de 3,2 kilomètres par seconde. On voit donc que la vitesse de propagation de ces deux séismes est à peu près la même.

Nature du séisme. — Il est à noter que l'axe épicaux suit exactement la ligne de dépression qui commence à Ada-Bazar et est marquée par le lac de Sabandja et le golfe d'Ismid. Cette remarquable coïncidence, si l'on ajoute que les influences volcaniques ne sont pas probables, que le foyer de la secousse se trouve à une grande profondeur au-dessous du niveau terrestre et tout le long de l'axe épicaux, que les courbes séismiques sont très allongées et que la force et

l'étendue du phénomène ont été immenses, donne à penser que ce séisme est un phénomène de nature *tectonique*.

Période séismique. — Il faudrait donc rattacher le séisme de Constantinople à la série de phénomènes semblables qui depuis deux ans éprouvent l'Europe orientale.

Après Zante, Thèbes, après cette ville la Locride, un peu après Constantinople et dernièrement encore la Sicile ont été successivement éprouvées par des séismes plus ou moins forts. Ces tremblements de premier ordre ont été d'ailleurs accompagnés par un grand nombre de petits en plusieurs endroits de l'Europe orientale et de l'Asie Mineure. Cette partie de la surface terrestre, qui a subi des dislocations et en général des transformations géologiques très importantes, par suite desquelles elle comporte probablement un grand réseau de cassures souterraines, semble soumise maintenant à des transformations continues qui se manifestent par les tremblements de terre. Les pays maltraités sont-ils situés sur une même ligne de dislocation, ou sur plusieurs, nous ne le savons point. Toujours est-il que le foyer séismique de la Méditerranée se maintient dans les régions dont l'évolution géologique n'est pas terminée.

D. EGINITIS,

Directeur de l'Observatoire d'Athènes.