



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

DE PARIS

FONDÉE EN 1788

SÉRIE X. — TOME I

N° 3

1909

OBSERVATIONS FAITES

SUR LE

Tremblement de terre de Provence

(11 juin 1909)

Par Paul LEMOINE

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS

A LA SORBONNE

1909



Le Secrétaire-Gérant,
H. COUTIÈRE.

Le Bulletin paraît par livraisons bimestrielles.

OBSERVATIONS FAITES

SUR LE

Tremblement de terre de Provence

(11 juin 1909)

- I. *Détermination des effets des tremblements de terre.*
- II. *Exposé géographique des effets du tremblement de terre de Provence sur les habitations.*

Zone Nord. — Massif calcaire (Chaîne des côtes). — Zone Sud. — Villages dévastés au sud de la zone tectonique. — Massif stable de l'Est. — Massif stable de l'Ouest. — Zone affectée au sud de Salon.
- III. *Relations des zones dévastées avec les accidents tectoniques.*

Origine des dégâts au sud de la zone sismogénique. — Secousses extérieures et secousses prémonitoires. — Répliques.
- IV. *Effets du tremblement de terre.*

Effets sur l'homme. — Bruits souterrains. — Action sur les sources. — Orientation des dégâts. — Apparence de mouvements giratoires.
- V. *Influence des divers facteurs sur les dégâts causés par le tremblement de terre.*

Sous-sol. — Altitude. — Mode de construction. — Minimes dégâts aux cheminées et aux puits. — Dégâts aux églises.
- VI. *Apparence de disposition zonaire des dégâts dans la zone dévastée.*

Un violent tremblement de terre vient d'affecter la Provence, y causant de nombreuses victimes et d'importants ravages. Il s'est produit le vendredi 11 juin 1909, vers neuf heures un quart du soir. Les pays qui sont les plus affectés sont situés au nord d'Aix-en-Provence.

Il est à peu près impossible de déterminer avec précision l'heure des secousses dans la région; car on n'est pas assez sûr du réglage des montres et des horloges. Mais tout le monde est d'accord pour admettre l'existence de deux secousses vers 9^h 15 et 9^h 40, dont la première a été la plus forte et a causé la presque totalité des dégâts.

D'après les observations faites à l'Observatoire de Marseille, les secousses ont eu lieu à 9^h 15 (21^h 7^m 2^s, heure de Greenwich) et à 9^h 40 (21^h 33^m) avec une direction N.-E.-S.-W. Il n'y a pas eu de grondement (1).

Les impressions sur la durée de la secousse sont assez concordantes; celle-ci aurait duré environ 5 secondes.

Voici les chiffres que j'ai relevés à cet égard (2) :

Aix, 7 secondes; Arles, 5 à 6 secondes; Aurons, 6 secondes; Avignon, 5 secondes;

(1) Alfred NGOT, *Sur le tremblement de terre du 11 juin 1909* (C. R. Acad. Sc., CXLVIII, 14 juin 1909, pp. 1640-1641).

(2) Publiés par les journaux locaux au lendemain de la catastrophe.

Eyguières, 6 secondes ; Mouries, 5 à 6 secondes ; Puy-Sainte-Réparade, 20 secondes.

En ce qui concerne les pays plus éloignés, les chiffres sont plus variables :

Béziers, 5 à 6 secondes ; Montpellier, 20 secondes ; Nîmes, 6 secondes ; Cannes, 2 secondes ; Toulon, 2 secousses de 4 secondes à 9^h 16 et 9^h 18 d'après les uns ; 1 secousse de 6 secondes d'après les autres.

On a beaucoup parlé de ce tremblement de terre, et l'on a émis sur son origine une série d'hypothèses dont quelques-unes sont en désaccord avec les données acquises en sismologie et d'autres avec les faits observables sur le terrain.

Aussi ai-je pensé qu'il serait intéressant d'aller en étudier les effets sur place. Je résumerai donc ici les résultats de deux voyages et d'une douzaine de jours de courses personnelles sur les lieux. Je regrette seulement d'avoir été le seul géologue à parcourir ces régions presque aussitôt après l'événement ; car, dans une région aussi vaste, beaucoup de faits intéressants m'ont certainement échappé.

Pour y obvier dans la mesure du possible, j'ai dépouillé les journaux locaux, et j'ai contrôlé la plus grande partie de leurs renseignements.

La structure géologique de cette région est très compliquée dans le détail ; mais, au point de vue géographique, elle peut se schématiser facilement. Des massifs calcaires d'âge jurassique et crétacé constituent les parties montagneuses ; ils sont plissés et disloqués ; à leur surface et dans leur intervalle se trouvent des argiles et des marnes du Crétacé supérieur et du Tertiaire, qui sont également plissés et faillés et qui masquent souvent les grandes dislocations, affectant les calcaires sous-jacents.

Enfin, en un point, à Beaulieu, s'élèvent les ruines d'un ancien volcan oligocène (tertiaire inférieur), complètement éteint depuis plusieurs périodes géologiques et constitué par des coulées de basalte, accompagnées de tufs et de scories.

(¹) Cette étude n'a porté que sur les pays les plus dévastés. Elle n'a nullement la prétention de remplacer l'enquête minutieuse et détaillée que font en ce moment le Bureau central météorologique et la Commission météorologique des Bouches-du-Rhône, dont les questionnaires commençaient à être reçus dans le pays le jour même où je quittais les localités sinistrées. Elle a également été faite dans un ordre d'idées un peu différent de celui sous lequel M. Fabry envisage le problème et qui l'amène à des résultats intéressants. Le phénomène est si complexe que chaque spécialiste est amené à l'étudier par des méthodes différentes.

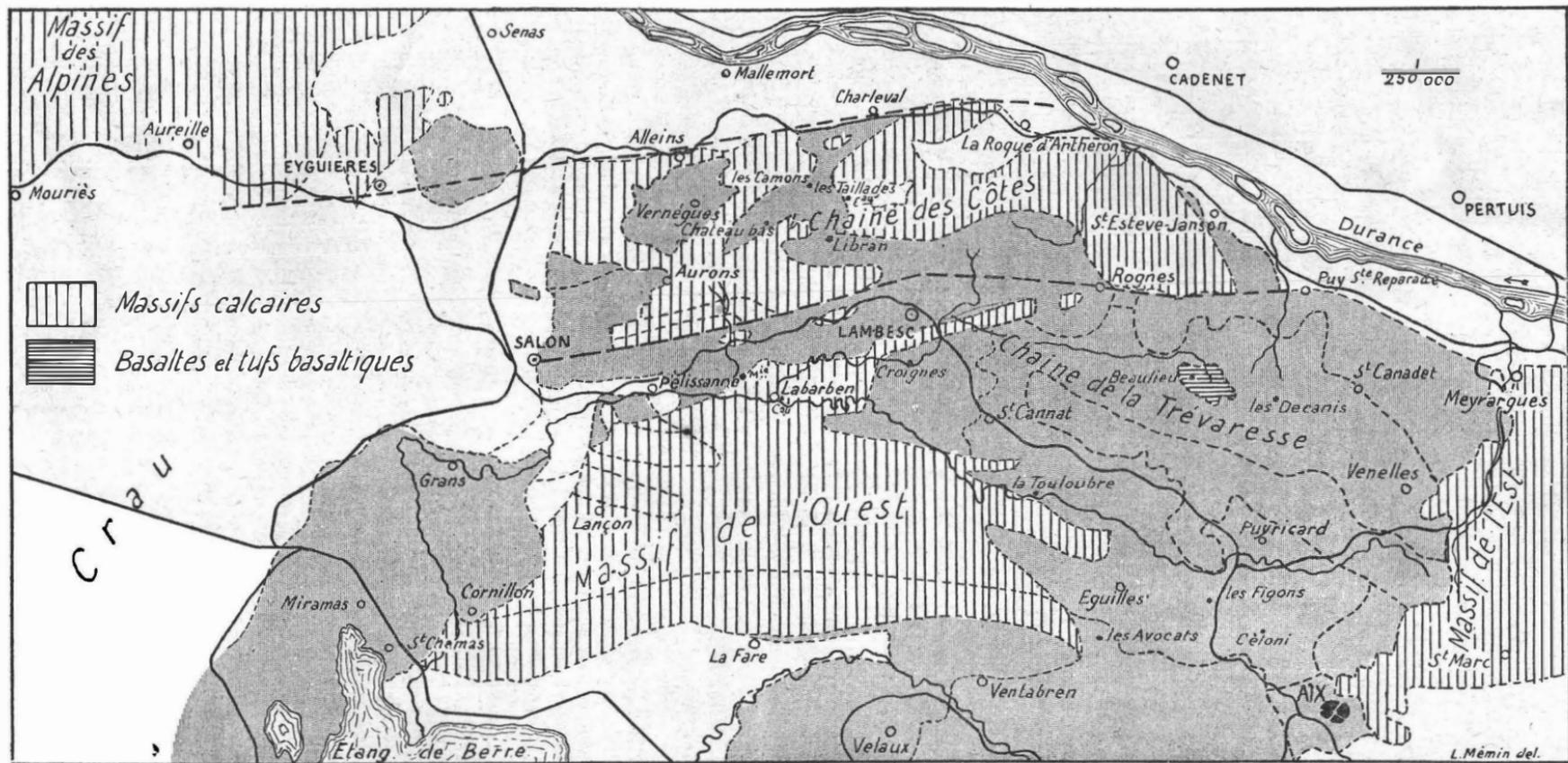


FIG. 1. — Carte géologique schématique avec l'indication des principaux points dévastés.

Au point de vue géographique, les points atteints forment deux zones principales :

- 1° Une zone nord comprise entre les Alpines et la Chaîne des Côtes ;
- 2° Une zone plus méridionale, située au sud de cette chaîne.

Enfin, au delà de cette zone, se trouve, aux abords de la chaîne de la Trevasse, une région qui a été très dévastée.

Une autre région, moins atteinte, se trouve au sud de Salon.

Ces différentes régions sont séparées par des massifs calcaires, où les habitations ont été peu endommagées et qui, par suite, paraissent avoir été relativement stables. Je montrerai plus loin quel rôle ces massifs stables me paraissent avoir joué au point de vue de la propagation des ondes sismiques.

I

Détermination des effets des tremblements de terre

Il convient tout d'abord de rappeler que l'on détermine, en général, l'intensité relative des tremblements de terre d'une façon toute empirique, par les effets produits sur les édifices et sur l'homme.

A cet effet, on a établi des échelles d'intensité, dont les plus connues sont celle de Rossi-Forel et de Mercalli.

Ces deux échelles peuvent d'ailleurs se réduire plus ou moins l'une à l'autre; celle de Mercalli a été adoptée en 1900 par le service géodynamique d'Italie, et voici les données sur lesquelles elle s'appuie :

X. *Secousse très désastreuse.* — Ruine de beaucoup d'édifices; nombreuses victimes; crevasses du sol. — Eboulements dans les montagnes.

IX. *Secousse désastreuse.* — Ruine totale ou presque totale de quelques habitations; graves dégâts à beaucoup d'autres devenues inhabitables: victimes sinon très nombreuses, du moins en divers points des lieux habités.

VIII. *Secousse ruineuse.* — Ruine partielle de quelques habitations: dégâts considérables aux autres. Pas de victimes; seulement quelques blessés isolés.

VII. *Secousse extrêmement forte.* — Les cloches sonnent. Chute des cheminées et des tuiles. Légers dommages à de nombreux édifices.

VI. *Secousse très forte.* — Secousse sentie par tout le monde. Effroi général. On se précipite au dehors. Chute d'objets et d'enduits. Quelques dommages aux édifices les moins solides.

V. *Forte secousse.* — Secousse généralement sentie dans les habitations et par un assez grand nombre de personnes dans la rue. Réveil des personnes endormies. Effroi de quelques-unes qui se précipitent au dehors. Tintement des sonnettes; oscillations assez amples des objets suspendus; arrêts d'horloges.

Les types inférieurs, IV, III, II, I, sont relatifs à des tremblements de terre beaucoup moins intenses, dont nous n'aurons pas à nous occuper ici.

L'échelle de Mercalli, et toutes les échelles analogues ont un grand avantage, celui de ne nécessiter l'emploi d'aucun instrument et de permettre d'utiliser toutes les observations faites dans une région déterminée. D'autre part, elle a des inconvénients sérieux; elle ne tient pas compte de la plus ou moins grande solidité des habitations, et l'appréciation du degré peut être variable suivant les observateurs. Ces inconvénients disparaissent à peu près, quand il s'agit d'une région unique où le mode de construction est sensiblement analogue pour la grande majorité des maisons et où les appréciations de degré sont faites par un même observateur.

J'ai donc appliqué ces données à la région provençale, dévastée par le tremblement de terre, et j'ai noté sur une carte au 1/80.000, le degré d'intensité approximatif pour environ trois cents localités (villages, fermes, châteaux). Ces constatations, traduites en courbes, et réduites à l'échelle du 1/200.000, permettent de se faire une idée de la variation d'intensité, suivant les points, et la réduction élimine la plupart des causes d'erreur qui auraient pu s'introduire.

Il peut être intéressant d'estimer d'une autre façon les dégâts commis et de voir si les deux modes d'estimation sont concordants. Le service vicinal des Bouches-du-Rhône a procédé à l'évaluation en argent des dommages causés par le tremblement de terre; cette évaluation a été faite par commune; comme on connaît, d'autre part, le nombre des habitants par commune, on a facilement le dégât moyen causé par le cataclysme à chaque habitant.

Le chiffre ainsi obtenu devrait être, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel à l'intensité du tremblement de terre. Malheureusement il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs :

1° Le mode d'évaluation. Ce mode d'évaluation a été fait sommairement pour avoir un chiffre global à présenter rapidement au Parlement; pour certaines communes il est certainement inexact. Mais, dans le cas où il était trop faible, des protestations ont eu lieu, et des chiffres supérieurs ont été indiqués par les maires; il en résulte que, pour certaines communes, on a deux chiffres, souvent très différents.

2° La richesse de la population. Il est bien certain que, à intensité égale, le tremblement de terre cause des dommages plus importants à des habitants riches habitant des maisons de valeur qu'à des habitants pauvres, habitant des immeubles délabrés. A cet égard les

chiffres fournis pour les villages ruraux sont certainement trop faibles;

3° Dans les pays très atteints, on n'a estimé que les dégâts les plus apparents; le chiffre est donc généralement trop faible: dans les pays peu atteints, l'attention s'est trouvée portée sur les moindres dommages, et les chiffres sont généralement trop élevés;

4° Enfin il faut tenir compte de ce fait que, dans une même commune il y a des portions très abimées et d'autres à peu près intactes, de sorte que la valeur des dégâts moyens par habitants est forcément inexacte.

COMMUNES	NOMBRE	VALEUR	DOMMAGE	TYPE PROPOSÉ PLUS LOIN
	D'HABITANTS	DES DOMMAGES	PAR HABITANT	
Saint-Cannat..	1.238	1.000.000	1.615	type IX
Rognes.....	1.556	1.610.000	1.034	type IX
Veruègnes....	298	300.000	1.006	type IX
Puy S'Réparade	1.335	1.200.000	971	type IX et type VIII
Lambesc.....	2.359	2.100.000	928	type IX
La Roque.....	2.548	1.200.000 ¹	774 ¹	type VIII
Venelles.....	509	250.000	491 ²	type IX
Vauvenargues.	223	90.000	403 ²	
Pelissanne....	1.549	600.000	387	type VIII
Eguilles.....	888	315.000 ¹	354 ¹	type VII ou VIII
Salon.....	13.897	4.600.000	331	type VIII ou IX
Meyrargues...	950	300.000 ¹	303 ¹	type VIII et type VII
Eguilles.....	888	200.000	225	type VII ou VIII
Saint-Estève..	102	20.000	196 ²	
Alleins.....	814	150.000	184	type VII ou VIII
La Barben....	282	50.000	177	type IX et type VII
La Roque.....	1.548	250.000	161	type VIII
Peyrolles....	886	140.000	158	type VI
Cornillon....	338	50.000	148	type VII
Saint-Paul....	273	40.000	146	type VI
Mallemort....	2.195	300.000	137	type VII ou VIII
Saint-Marc....	79	10.000	127	
Grans.....	1.773	200.000	112	type VII
Charleval....	891	60.000 ¹	69 ¹	type VII ou VIII
Aurons.....	184	10.000	54	type VII
Meyrargues...	950	50.000	50	type VIII et type VII
Jouques.....	1.218	50.000	41	
Charleval....	891	20.000	23	type VII ou VIII
Istres.....	3.681	60.000	16	
Lançon.....	1.262	20.000	15	type VI
Eyguières....	2.267	20.000	9	type VII
Mouriès.....	1.500	10.000	6	type VI ou VII

(1) Estimation non officielle.

(2) Commune pour laquelle le chiffre obtenu est manifestement inexact.

11

Exposé géographique des effets du tremblement de terre.

ZONE NORD

Cette région s'étend au sud des Alpines de Mouriès à Eyguières, puis au nord de la Chaîne des Côtes, d'Alleins à la Roque-d'Anthéron.

Les dégâts y sont assez importants, quoiqu'ils n'aient pas atteint le caractère désastreux qu'ils ont eu dans la bande située plus au sud.

Le point le plus à l'ouest parmi ceux qui ont été atteints sérieusement est Mouriès.

Mouriès. — Les dégâts les plus importants ont été produits à l'église ; le dôme du clocher a été renversé et a produit dans sa chute divers dégâts à la chapelle et à la cure ; quelques autres immeubles menacent ruine (type VI ou VII).

Aureilles. — On y aurait ressenti trois secousses ; deux anciennes maisons se sont écroulées (type VI).

Eyguières. — Les dégâts y ont été assez importants ; plusieurs toitures se sont effondrées ; un grand nombre de cheminées ont été renversées ; les cloches ont tinté ; une vive panique se serait emparée des habitants (type VII).

Alleins. — Un certain nombre de maisons sont lézardées ; plusieurs devront être démolies, d'autres nécessiteront de grandes réparations. En particulier on sera peut-être obligé de refaire une partie des écoles (type VII ou VIII).

Malemort. — Le nombre des maisons lézardées est considérable ; les fissures se sont agrandies peu à peu et beaucoup d'immeubles sont inhabitables (type VII ou VIII).

Charleval. — Là aussi, les dégâts sont plus importants qu'on ne l'avait cru au début ; la plupart des maisons sont lézardées, et plusieurs sont devenues inhabitables (type VII ou VIII).

La Roque-d'Anthéron. — L'intensité du séisme a été assez grande ; plusieurs toitures se sont effondrées ; beaucoup de maisons sont plus ou moins lézardées (type VIII).

Il est arrivé dans cette commune ce qui est arrivé à Salon ; les dégâts sont plus grands qu'on ne l'avait cru au premier abord. C'est certainement le pays le plus atteint de la bande Nord.

Là paraît se borner la bande sismique du Nord ; car en face, de l'autre côté de la Durance, les dégâts sont à peu près nuls à Cadenet, à peine plus considérables à Lauris.

Vernègues. — Il faut faire une place tout à fait à part à Vernègues, au sud d'Alleins, qui a énormément souffert. La plupart des maisons sont détruites. L'ancien château est démoli ; il ne reste presque plus rien de l'église (type IX).

Par contre les régions basses de la région, les Jas, la Maison-Basse ont peu souffert.

Or Vernègues est situé sur un sommet très élevé constitué par de la molasse miocène, alors que les pays bas sont bâtis sur des calcaires crétacés.

MASSIF CALCAIRE, DIT CHAÎNE DES COTES

Ce massif de calcaires crétacés est peu habité, de sorte que l'on n'a sur l'intensité du tremblement de terre que des données assez disséminées. Cependant celles-ci sont fort typiques.

Ainsi *Aurons* n'a eu que quelques maisons endommagées ; le presbytère a dû être évacué, mais plutôt par prudence, et les autres immeubles, lézardés par la secousse, ne présentent aucun danger pour la sécurité publique et restent habitables. Au château, quelques créneaux seuls sont tombés (type VIII).

Plus loin, au-dessous de Vernègues, si cruellement éprouvé, le Château-Bas a été peu endommagé, et le petit temple romain de Diane, situé à côté, n'a presque aucun dommage. Ce temple est situé sur le calcaire.

Plus loin, le hameau des Camons n'a que quelques crevasses ; sur la route de Lambesc, un ancien four à chaux, en ruines, paraît indemne. Le château des Tailhades a relativement peu souffert.

Sur la route de Rognes à Cadenet, les dégâts sont minimes aux maisons situées à droite et à gauche ; or la route se maintient constamment dans les calcaires néocomiens. Les hameaux ou les fermes de : les Costes, Guitton, Richaud, qui se trouvent dans les mêmes conditions, n'ont pas été gravement atteints. Il en est de même de ceux du Vallon, Collet-Pointu, Valpu, et il est de notoriété publique à Rognes que ce massif calcaire, que l'on désigne sous le nom de Grand-Soleilland, a très peu souffert du tremblement ; Saint-Estève, Janson, situé sur son bord, a été peu éprouvé ; les habitants du hameau de Poncerot ont même éprouvé les secousses avec assez peu de violence.

Il ressort de l'exposé de ces faits que ce massif calcaire a peu souffert du tremblement de terre et que, placé entre deux zones relativement éprouvées, il est resté, lui, à peu près stable.

Nous verrons d'ailleurs, en continuant l'examen des effets du séisme, que cette indemnité relative n'est pas particulière à ce massif calcaire, mais qu'elle s'étend à tous les massifs calcaires de la région.

ZONE SUD

J'examinerai d'abord les points situés sur la ligne tectonique qui va de Salon à Meyrargues.

Salon. — Les dégâts produits par le tremblement de terre se chiffrent là par millions ; mais il faut bien tenir compte de ce fait que Salon est à peu près la seule ville de la région.

A Salon, il n'y a presque pas eu d'immeubles détruits par la catastrophe elle-même ; mais la plupart ont été tellement crevassés et endommagés qu'il faut les détruire.

Le château de Salon, qui sert de caserne, s'est en partie effondré et a dû être évacué ; la façade de la mairie a beaucoup souffert ; le clocher de l'église Saint-Laurent est lézardé ; certains quartiers, comme celui de la rue d'Avignon, etc., ont été particulièrement éprouvés (type VIII ou IX).

Pélissanne. — Le village de Pélissanne a beaucoup souffert de la catastrophe, puisque celle-ci y fit des victimes : plusieurs blessés. Les maisons sont à peu près toutes lézardées et beaucoup de plafonds sont tombés. Le clocher est incliné et menace ruine.

L'intensité du tremblement de terre paraît y avoir été à peu près la même qu'à Salon (type VIII).

La Barben. — Cette commune comprend deux portions nettement distinctes : celle où se trouvent la mairie, les écoles, etc., a été très éprouvée (type IX) ; les deux cafés qui s'y trouvaient sont complètement détruits.

Quoique considérables, les dégâts de la région de l'église et du château sont beaucoup moins graves (type VII).

Lambesc. — Entre Pélissanne et Lambesc se trouve le château de *Bon-Recueil*, qui a été gravement endommagé.

Le canal de la Durance qui traverse la zone affectée entre *Bon-Recueil* et *Lambesc*, a subi quelques fissures ; le pont du chemin de fer en ce point a été également assez fortement atteint.

Le petit chef-lieu de canton de Lambesc est très atteint ; certaines portions du village sont complètement détruites, tandis que d'autres

sont relativement plus épargnées, et je reviendrai plus loin sur ce point.

Le clocher de l'église a dû être démoli.

Au delà de Lambesc, vers Rognes, la plupart des fermes et des maisons de campagne ont été démolies par le tremblement de terre. Je signalerai, par exemple, le château de Fontvive. Au domaine de la Pomme, la façade est complètement détachée. A la Javie, les murs de la ferme se sont écroulés, enfouissant environ 150 moutons. Des fermes de la Chapusse il ne reste presque rien. Le Petit-Saint-Paul est en piteux état, etc., etc.

Je suis donc porté à considérer les dégâts commis dans cette région comme étant du type IX.

Rognes. — Dans ce village, l'aspect est peut-être plus lamentable encore, parce que tout un quartier de Rognes a été complètement détruit et qu'il n'en subsiste plus que des ruines; dans cette zone, aucun immeuble n'a été respecté (type IX).

Quelle que soit la part qu'il faille faire dans la catastrophe à l'état de vétusté très réelle des maisons, il n'en est pas moins certain que c'est à Rognes que l'intensité du tremblement de terre paraît avoir été maximum, et c'est dans la région Lambesc-Rognes que je serai amené à placer l'origine du tremblement de terre.

En effet, au delà de Rognes, les dégâts vont diminuer peu à peu.

Un grand nombre de fermes dans la direction de Puy-Sainte-Réparate sont démolies; je citerai par exemple *Bastide-Neuve*, le château de *Brest*, la ferme de *Milhaude*.

Puy-Sainte-Réparate. — Plus loin, sur le territoire du Puy-Sainte-Réparate, certains points ont particulièrement souffert, comme l'Eglise-Vieille, Papety, la Cride, les Carias, etc. (type IX), tandis que l'agglomération même du Puy a relativement moins souffert (type VIII).

La vieille tour de Sainte-Réparate est crevassée et menace ruine. Les Théries sont démolis. On arrive ainsi vers la halte de Saint-Canadet, où se trouvent quelques maisons qui ont beaucoup souffert et dont les façades sud sont complètement tombées (en réalité, ces façades ne sont pas rigoureusement sud; elles sont dirigées N.-W. S.-E.; il s'agit donc plutôt ici des façades S.-W. ou S.-S.-W.)

On a donc encore ici des points où l'intensité est presque du type IX. Au delà, on ne trouvera plus que des régions relativement moins éprouvées.

Meyrargues. — A Meyrargues, les dégâts ont été plus grands qu'on ne l'a cru; le village même de Meyrargues, église, château, etc., a

relativement peu souffert (type VII); mais les fermes situées autour, dans la plaine, sont en très mauvais état; elles sont complètement lézardées, et beaucoup devront être démolies.

Il semble qu'en ce point l'intensité du tremblement de terre ait été assez analogue à celle qu'il a eu à Pélissanne et à Salon; seulement, comme il s'agissait de maisons neuves, isolées, peu nombreuses, les dommages matériels ont fait moins d'impression (type VIII).

Peyrolles. — Au delà de Meyrargues l'intensité diminue très vite. A Peyrolles, il y a eu des dégâts assez nombreux; il ne semble pas qu'il y ait danger à habiter les maisons (type VI).

Saint-Paul-les-Durance. — Il en est de même dans la localité située plus loin; quelques maisons se sont lézardées; aucune ne menace ruine; la mairie et les écoles cependant ont assez souffert (type VI).

Résumé. — On arrive ainsi à l'extrémité de la zone éprouvée par le séisme et l'on voit que l'intensité du séisme croît à partir de Salon pour passer par un maximum vers Lambesc, Rognes et décroît ensuite vers Meyrargues.

VILLAGES DÉVASTÉS AU SUD DE LA ZONE TECTONIQUE

Mais les villages que je viens d'énumérer ne sont pas les seuls qui ont eu à subir les dégâts du tremblement de terre.

Ily en a au sud plusieurs autres qui ont été très éprouvés; cesont, par exemple: Saint-Cannat, Puyricard, Venelles, sur le bord du massif miocène de la Trévaresse, puis plus au sud le village d'Eguilles.

Saint-Cannat. — Ce village a été très douloureusement atteint; on y compte dix morts, plusieurs blessés, et toutes les maisons du village ont plus ou moins souffert de la commotion. La partie la plus atteinte est le centre du village où se trouve l'église, qui a dû être démolie; par contre certains faubourgs, en particulier celui de la route d'Aix, ont été moins éprouvés.

Toute cette zone où l'intensité du tremblement de terre a été considérable (type IX) se poursuit sur le bord de la Trévaresse, par Saint-Jean, Saint-Julien, Pontés, qui ont leurs toitures effondrées.

Puyricard. — On arrive ainsi à Puyricard, hameau qui dépend de la ville d'Aix et qui a beaucoup souffert.

Les habitations qui se trouvent au nord de Puyricard sont très atteintes; l'agglomération de Mikely est complètement détruite; mais, à mesure que l'on va vers le sud, les dégâts s'atténuent.

A Puyricard, il y a des crevasses très sérieuses; les maisons sont

très endommagées ; plusieurs sont irréparables ; mais la plupart tiennent encore debout (type VIII) ; plus loin encore, on trouve des habitations où les dégâts sont presque insignifiants, de grosses lézardes qui n'affectent pas la solidité de l'immeuble, comme à la Madeleine ou à Célony.

On arrive ainsi aux régions où les dommages sont presque nuls, comme à Beaufort et à Aix.

Venelles. — Le village de Venelles est perché sur une colline assez élevée et est très atteint ; l'aspect des ruines rappelle un peu celui de Saint-Cannat ; beaucoup de maisons sont tombées ; les autres devront être démolies ; de l'église, il ne reste presque plus rien que le clocher que l'on a dû démolir (type IX). Beaucoup de fermes et de châteaux des environs ont également beaucoup souffert.

Mais, chose curieuse, les maisons du Bas-Venelles, sur la grand'-route, ont peu souffert ; elles sont cependant à 400 mètres à peine à vol d'oiseau de Haut-Venelles ; puis l'on passe immédiatement à la zone des dégâts à peu près nuls.

Il est très intéressant de voir ainsi l'un des pays les plus éprouvés, se placer presque exactement à la limite de la zone des dégâts.

Eguilles. — Il faut faire une mention assez spéciale à cette commune, parce que, parmi les villages éprouvés, c'est celui qui est situé le plus au sud.

L'église et l'ancien château menacent ruine et beaucoup de maisons sont crevassées : quelques-unes se sont encore écroulées.

Cependant, en somme, les dégâts ne sont pas très considérables (type VII ou VIII). Aux environs d'Eguilles, les hameaux sont assez éprouvés ; aux Avocats, presque toutes les maisons sont lézardées ; aux Figons, plusieurs ont leur toit effondré.

Comme à Venelles, on est ici presque à la limite de la zone protégée.

Aix. — Dans la ville d'Aix même, on a entendu un long bruit sourd ; la secousse a été très sensible et très nettement perçue par toutes les personnes assises au café. Les dégâts se sont réduits à peu de choses, quelques crevasses et quelques dégâts à la vermicellerie Augier et à l'église Saint-Jean-du-Faubourg (type VI).

CHAÎNE DE LA TRÉVARESSE

Si l'on ne considérait que les villages très atteints : Lambesc, Saint-Cannat, Puyricard, Venelles, Puy-Sainte-Réparate, on serait

amené à penser que la région épicerentre se trouve au centre du cercle qu'ils forment, c'est-à-dire dans la chaîne de la Trévaresse, et en particulier à Beaulieu, ancien volcan oligocène, où l'on retrouve encore des coulées de basalte et des tufs basaltiques.

C'est effectivement une hypothèse qui a beaucoup séduit tout d'abord. Un seul géologue, d'ailleurs, M. A. Thévenin, paraît s'y être rallié (*C. R. S. Soc. Géol.*, 24 juin 1909, p. 87). Les récentes recherches de sismologie paraissent, en effet, avoir montré qu'il n'y a pas de relation de cause à effet entre les tremblements de terre et les éruptions volcaniques (Voir en particulier E. Haug, *Traité de Géologie*, p. 342). J'ai indiqué moi-même (*C. R. Acad.* du 21 juin 1909) que les dégâts et les secousses, notés aux alentours de Beaulieu, étaient dus non au volcan, mais à des causes toutes locales.

Effectivement, si la chaîne de la Trévaresse et Beaulieu en particulier constituaient la région épicerentre, c'est là qu'on devrait trouver les points les plus ébranlés; or, sans me contenter des récits des journaux et en parcourant personnellement le pays, j'ai pu me convaincre que seuls les bords de la chaîne de la Trévaresse avaient été endommagés et que le sommet de cette rangée de hauteurs l'était relativement peu.

Ainsi, lorsque l'on va de Puyricard à Puy-Sainte-Réparate, on traverse une zone où les dégâts sont moins importants qu'ils ne le sont au nord ou au sud.

Les Peyres, sur la route de Puyricard à Puy-Sainte-Réparate, n'ont pas de dommages très graves; il en est de même de Pontier.

La Denise et la Sibérie, à l'ouest de la ligne qui va de Saint-Canadet à Venelles, sont peu atteints.

On a la même impression lorsque l'on suit la route de la gare de Lignane-Rognes au village de Rognes.

Le Jas-d'Amour et Barbebelle, entre Rognes-Village et Rognes-Station, sont gravement atteints; mais, quoique très délabrés, ils ne témoignent pas d'une intensité analogue à celle que l'on observe dans la plaine de Rognes-Village, ou dans celle de Rognes-Station.

De même, si Olivary et Dupail sont presque complètement détruits, le château de Cabane est moins endommagé; il semble que ce soit surtout les étages supérieurs qui aient souffert.

Mais que dire du château et de la ferme de Beaulieu, soi-disant épicerentre du phénomène? Là les dégâts extérieurs sont presque nuls, et la secousse paraît avoir été relativement peu intense. Dans la chapelle du château, les vases sont restés en place; seule la croix

haute et mal équilibrée est tombée. Dans le château, les lampes, les vases, les bouteilles, les bustes n'ont pas bougé; ce n'est qu'au deuxième étage que l'on aperçoit quelques objets mobiles, en petit nombre, renversés et quelques cassures. Le clocheton du château est tombé; mais il était en réparation.

Dans la ferme attenante au château, les dégâts sont également insignifiants. Ce contraste est d'autant plus frappant qu'au-dessous du château de Beaulieu d'autres fermes appartenant au même propriétaire, M. de Candolle, ont beaucoup souffert, par exemple Milhaude et Tournefort, ainsi qu'un château paraissant solide, le château de Brest. Mais là on se rapproche de Rognes, et de plus on passe d'un sous-sol basaltique résistant à un sous-sol argilo-sableux extrêmement défavorable aux constructions en pays sujet aux séismes.

Résumé. — Il résulte de ces faits que l'on ne saurait considérer comme région épicerentre la chaîne de la Trévaresse et le petit pointement basaltique de Beaulieu; bien au contraire, ces points forment une sorte d'îlot des types VIII et VII au milieu de la zone du type IX.

Il faudra d'ailleurs chercher à expliquer la cause de cette curieuse disposition.

MASSIF STABLE DE L'EST

A l'est de cette région dévastée se trouve un massif montagneux, constitué par des calcaires secondaires. Ce massif peut s'appeler le massif du Grand-Sambuc.

Il paraît être resté assez stable. J'ai déjà signalé que la portion du village de Meyrargues, située sur ce massif, a résisté assez bien; c'est ainsi que les très vieilles maisons absolument délabrées qui se trouvent sous le château n'ont presque pas souffert; le très aimable maire de Meyrargues, M. Sumian, a résumé ainsi son impression: « Tout ce qui est vraiment sur le rocher n'a rien eu. »

Le reste du massif est peu habité; cependant on y trouve quelques maisons; le garde champêtre de Meyrargues en avait visité quelques-unes. Le Campan et Parrouvier n'avaient rien; sur une autre, le Davoust, on n'avait pas de renseignements, ce qui prouve qu'elle n'était pas gravement atteinte.

Ce n'est qu'au sud de ce massif dans une dépression synclinale où s'alignent quelques lambeaux de miocène que l'on retrouve des villages Saint-Marc et Vauvenargues. Les dégâts y sont d'ailleurs peu considérables.

Il résulte de ces faits que le massif de calcaires secondaires du Grand-Sambuc a peu souffert et que, par suite, il doit être considéré comme un massif stable.

MASSIF STABLE DE L'OUEST

A l'ouest de cette région dévastée, se trouve placé d'une façon à peu près symétrique un second massif de calcaires secondaires qui paraît avoir été également assez stable.

Au sud de Saint-Cannat, la région atteinte s'étend à peu près jusqu'à la Touloubre qui forme la limite des terrains tertiaires et secondaires. Sur la rive droite de la Touloubre, en terrain tertiaire, les fermes de Puits de Mourel, de la Touloubre, de la Montaurone sont plus ou moins gravement atteintes.

Sur la rive gauche, la bergerie des Barons n'a pour ainsi dire pas souffert et un berger qui y couchait aurait même à peine ressenti le secousse (ce dire est à comparer avec celui qu'on m'a rapporté de Poncerot sur le massif, calcaire stable du Nord). De même, sur ce massif, les bâtiments de Gay et de Camaisse n'ont pas grand'chose. Mais peut-être les Quatre-Tempset la Bastide du Loup sont-ils un peu atteints.

Lançon. — Sur ce massif calcaire, le cas de Lançon est particulièrement intéressant, parce que c'est l'un des rares villages qui s'y trouvent.

Or il y a bien quelques dégâts à Lançon (type VI), mais si peu que le maire a refusé les secours qu'on lui offrait.

Nous sommes donc, là encore, en présence d'un massif qui a très peu bougé et que l'on doit considérer comme stable.

ZONE AFFECTÉE AU SUD DE SALON

On doit le faire d'autant plus que la région à l'ouest de ce massif n'a pas été aussi respectée que lui.

Le tremblement de terre ne paraît pas avoir beaucoup affecté la Crau, qui semble avoir joué le rôle de tampon ; par suite il n'a guère dépassé Salon à l'ouest ⁽¹⁾ ; mais, au sud de Salon, se trouvent, en dehors du massif calcaire, sur le miocène, quelques villages qui ont été touchés.

Je citerai d'abord *Grans*. Il n'y a eu aucune victime ; mais les dégâts matériels sont importants ; le clocher est à moitié démoli ;

(1) Le hameau de la Crau et quelques campagnes de la commune de Salon, à peu près jusqu'au champ de courses, sont encore très fortement lésés.

les écoles ont été endommagées ; l'ancien presbytère devra probablement être jeté bas (type VII).

Cornillon. — Cette commune n'a pas été épargnée par le tremblement de terre. Toutes les maisons ont souffert de l'ébranlement général ; quelques-unes sont devenues inhabitables, l'église a été fortement atteinte, et la sacristie a été complètement détruite (type VII de Mercalli).

Enfin, à *Miramas*, sur l'étang de Berre, quelques maisons, assez vieilles d'ailleurs, ont assez souffert pour que l'on doive les abattre complètement (type VI).

Telles sont, rapidement résumés, les faits sur lesquels on peut s'appuyer pour avoir une notion de l'allure des courbes isoséistes, celles-ci ont d'ailleurs forcément un caractère schématique ; mais, malgré cela, je crois qu'elles résument assez bien l'idée que l'on peut se faire des ravages causés par le tremblement de terre.

III

Relation des zones dévastées avec les accidents tectoniques⁽¹⁾.

Il y a longtemps que l'on a abandonné l'idée trop théorique qui faisait que l'on considérait comme un point l'origine d'un tremblement de terre. La plupart des sismologues semblent penser maintenant que les tremblements de terre sont en relation avec les dislocations de l'écorce terrestre.

A cet égard, le tremblement de terre de Provence me paraît particulièrement typique⁽²⁾. Il résulte en effet des observations qui viennent d'être relatées une coïncidence très nette entre les zones dévastées et les accidents tectoniques.

On remarquera, en effet, que la plupart des villages atteints se trouvent à peu près en ligne droite : Salon, Péliganne, Lambesc, Rognes, Puy-Sainte-Réparate. Or, cette ligne droite coïncide avec une grande faille qu'indique de la façon la plus nette la carte géolo-

(1) PAUL LEMOINE, *Sur les relations tectoniques du tremblement de terre de Provence* (C. R. Acad. Sc. CXVIII, 21 juin 1909, pp. 1696-1698).

(2) Voir en particulier MONTESUS DE BALLORE, *la Science sismologique* (1907, p. 456) admet « le fait que, par les grands tremblements de terre, les compartiments terrestres se meuvent contre les dislocations qui les limitent pour retrouver par réajustement leur équilibre rompu ou mal assis ».

E. Haug (*Traité de géologie*, 1907, p. 334) est arrivé à la même conclusion et « de plus en plus, dit-il, s'impose à nous la certitude que les tremblements de terre ne sont autre chose que des mouvements de l'écorce terrestre, assimilables de tous points aux mouvements orogéniques ».

gique détaillée publiée vers 1889 par le ministère des Travaux publics. Suivant cette ligne, les dépôts miocènes viennent buter brusquement contre les couches calcaires, d'âge secondaire, souvent redressées jusqu'à la verticale. Cette faille a été reconnue et marquée par L. Collot entre Pélissanne et Lambesc. Au delà elle est marquée par les dépôts miocènes; elle ne réapparaît guère qu'à Rognes. Là, entre Rognes et Puy-Sainte-Réparate, une petite bande de Rognacien (crétacé) supérieur vient s'intercaler sur le bord du massif calcaire, d'âge crétacé inférieur.

L'existence de cette grande ligne de faille est donc indiscutable.

Son rôle sismogénique paraît extrêmement probable; c'est sur elle en effet que s'alignent les points les plus atteints.

La portion de Rognes, qui a été détruite, se trouvait exactement sur le prolongement du contact anormal Néocomien-Rognacien.

Il est curieux de constater que c'est dans la région où la faille est masquée que les dégâts sont les plus intenses, c'est-à-dire entre Lambesc et Rognes, comme si l'existence de dépôts miocènes à la surface des terrains calcaires avait contribué à augmenter l'intensité du mouvement.

C'est d'ailleurs dans cette zone que l'on a observé les rares secousses prémonitoires et les plus nombreuses secousses postérieures à celles du 11 juin.

Sur une autre ligne droite, coïncidant également avec une faille, se trouvent les villages de Mouriès, Aureilles, Eyguières, Mallemort, Alleins, Charleval, la Roque-d'Anthéron, qui, quoique moins éprouvés que les précédents, ont été cependant assez atteints.

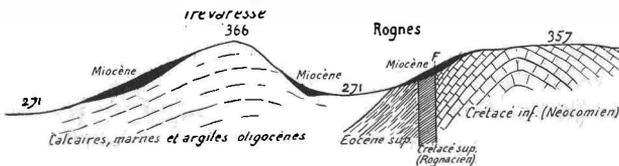


FIG. 2.

Coupe schématique à hauteur de Rognes, montrant l'accident tectonique (F) qui fait buter le Tertiaire (Oligocène, Eocène) et le Crétacé supérieur contre du crétacé inférieur.

Cet accident a été supposé vertical pour simplifier le schéma.

On est donc amené à penser que le tremblement de terre de Provence est dû à la tendance qu'aurait eu à remuer le compartiment des calcaires massifs qui constituent la Chaîne des Côtes, entre les

deux failles que je viens de signaler, cette faille a joué nouveau, à peu près comme lorsque les fissures d'un vieux meuble se mettent à jouer et à crier.

Ces failles étaient dirigées grossièrement de l'est vers l'ouest, le mouvement du compartiment de l'écorce terrestre compris entre ces deux failles a dû se faire du nord vers le sud (ou du sud vers le nord). Cette hypothèse concorde bien avec le fait d'observation que ce sont précisément les façades nord et sud qui sont le plus atteintes (voir plus loin).

Il ne faudrait pas s'exagérer l'importance de ce mouvement; car, si grands qu'ils soient, les ravages sont peu de chose en comparaison de ceux de San-Francisco. Là cependant la faille, accident sismogénique, n'avait joué que de quelques centimètres.

Mais, même pour un mouvement minime, la poussée produite par tout un compartiment de l'écorce terrestre est formidable; elle a mis en branle tous les pays voisins, à peu près comme un caillou que l'on jette dans une mare détermine dans l'eau une série d'ébranlements qui vont en se répercutant jusqu'au bord.

En effet, ce mouvement du compartiment de l'écorce terrestre qu'est la Chaîne des Côtes n'a été que la cause du séisme et, comme je tâcherai de le montrer plus loin, l'ébranlement causé par ce mouvement, en se propageant vers le sud, y a causé de très grands dégâts.

Enfin, en faveur de l'hypothèse qui mettrait la région épicerentre sur la faille sud de la Chaîne des Côtes et plus particulièrement entre Lambesc et Rognes, j'ajouterai ce fait que sur la zone au nord l'intensité du tremblement de terre semble croître de l'est vers l'ouest pour être maximum à hauteur de Charleval et de la Roque-d'Anthéron, précisément en face du maximum (Lambesc, Rognes) de la ligne précédente.

Je suis donc ainsi amené à émettre l'hypothèse que le tremblement de terre de Provence est d'origine tectonique et qu'il est dû plus particulièrement au jeu de la faille du sud de la Chaîne des Côtes.

Tout se serait donc passé comme si un mouvement d'avancée du nord vers le sud des massifs calcaires, et en particulier de la Chaîne des Côtes au nord de Lambesc et de Rognes avait eu lieu. Ce mouvement aurait eu une tendance à écraser les régions miocènes plus faibles, tandis que les massifs calcaires restaient relativement plus stables ou tout au moins ne subissaient pas de mouvements ondulatoires de grande étendue.

ORIGINE DES DÉGÂTS AU SUD DE LA ZONE SISMOGÉNIQUE

Cet ébranlement du massif calcaire a fait naître, à partir de la ligne d'ébranlement, une série de secousses ondulatoires qui se sont propagées à la façon des ondes que la chute d'un caillou fait naître dans un bassin.

Ces ondes sismiques ont évidemment été plus importantes et plus dévastatrices dans la région épicerentre, là où se trouvent les villages les plus affectés.

Au fur et à mesure qu'elles s'éloignaient de cette région épicerentre, elles ont rencontré les deux massifs stables, calcaires, de l'est et de l'ouest. Ceux-ci ont peut-être bougé un peu ; mais ils se sont opposés à la translation facile des ondes sismiques.

Ces ondes sismiques, obligées de se resserrer entre les deux massifs calcaires, au nord-est et au nord-ouest d'Aix, sont devenues plus violentes dans l'espèce de cul-de-sac ainsi formé et y ont produit de grands dégâts, détruisant les villages de Saint-Cannat, Puyricard, Venelles. Je ne saurais mieux comparer le phénomène qu'à celui qui se produit dans le cul-de-sac du Mont-Saint-Michel, où l'effet de la marée atteint, on le sait, son maximum.

Le même phénomène a dû se produire au sud de Salon, entre le massif calcaire de l'Ouest et le Crau ; mais il a été moins intense, parce que l'ébranlement originel était beaucoup moins fort dans cette région.

Quelle est la nature de ces ondes sismiques ? On ne sait trop. Lord Rayleigh⁽¹⁾ a étudié autrefois des ondes superficielles élastiques, analogues à celles qui se propagent dans un liquide et pour lesquelles l'élasticité joue le même rôle que la gravité pour ces dernières.

D'après Montessus de Ballore (*la Science sismologique*, p. 362), ces ondes sismiques de Rayleigh joueraient le principal rôle dans les macroséismes. Il admet que la vitesse de ces ondes est de 2.800 à 3.000 mètres par seconde.

En vertu de l'hypothèse, d'après laquelle les dégâts sont dus à des ondes sismiques superficielles, j'ajouterai que, dans les galeries de mines, le tremblement de terre a été à peine ressenti.

Déjà on prétend qu'à Céloni, dans les plâtrières, les ouvriers n'ont rien ressenti et qu'aucun outil n'a bougé.

(1) LORD RAYLEIGH, *On waves propagated along the plane surface of an elastic surface* (*Proc. London math. Soc.*, 1855, XLVII).

A Gardanne, j'ai pu avoir des données dignes de foi. M. Domage, directeur de la Société des Charbonnages des Bouches-du-Rhône, a bien voulu faire à cet égard une enquête, et il écrit ceci :

« Je me suis rendu à la mine pour avoir des renseignements précis sur les effets ressentis à l'intérieur de la mine, lors du tremblement de terre.

« A Gardanne, les ingénieurs qui ont vu chez eux les murs trembler affirment que les ouvriers qui étaient au fond leur ont assuré n'avoir senti aucune secousse.

« A Valdonne, l'ingénieur m'a dit :

« Dans la mine, les ouvriers ne se sont aperçus de rien.

« A l'extérieur, dans les villages voisins de la mine, Cadolive, Saint-Savournin, Gréasque, on a senti des secousses. A Fuveau, village plus éloigné, 6 kilomètres des puits, les secousses se sont fait sentir, les cloches ont sonné, les pendules se sont arrêtées.

« Pas de dégâts nulle part. »

J'ajouterai d'ailleurs que le fait n'est pas isolé et que l'on a bien souvent remarqué que les tremblements de terre étaient ressentis dans les mines avec beaucoup moins de violence et souvent même ne l'étaient pas du tout. Des expériences directes ont montré également cette diminution de l'intensité du séisme avec la profondeur (¹).

Il en résulte un enseignement pratique, la nécessité de descendre les fondations.

SECOUSSES ANTÉRIEURES ET PRÉMONITOIRES

M. Bigourdan, dans une très intéressante note, a fait remarquer que la région détruite par le tremblement de terre ne semblait pas, de mémoire d'homme, avoir subi de secousses analogues.

Rien n'est plus exact ; cependant quelques faits semblent indiquer que cette région a été susceptible d'ébranlement.

Tout d'abord l'étymologie du mot Rognes signifierait ruines (*Castrum de ruinis*).

On a raconté également sur le domaine de la Pomme, route de Lambesc au Caire, une légende curieuse : Cette maison avait la réputation d'être hantée et d'être devenue le lieu de réunion des êtres infernaux. Un soir cependant, quelques courageux des villages voisins étaient partis armés de gourdins ; mais à quelques cents mètres

(¹) SEIKIYA, *Comparison of earthquake measurements made in a pit and on the surface ground* (*Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo*, 1891).

de l'habitation hantée, ils avaient été pris d'un tremblement nerveux et s'en étaient retournés en courant. Un jour, un prêtre devient le propriétaire de la Pomme-de-Pin; en grande pompe, il vint bénir sa nouvelle maison pour en chasser les esprits; il fit réparer la maison, et un ménage vint s'y installer; ils étaient courageux et ne croyaient pas les histoires qu'on leur racontait. Cependant parfois leur maison tremblait. Légende, évidemment; mais légende curieuse car il est bien probable qu'au fond de toute légende il y a un peu de vérité: or le domaine de la Pomme est exactement sur le passage de la faille masquée qui relie Lambesc à Rognes.

En dehors de ces faits légendaires, j'ai pu recueillir dans le pays quelques données sur les secousses ou les grondements qui ont précédé le tremblement de terre; elles pourront évidemment être complétées et discutées; je les donne pour ce qu'elles valent⁽¹⁾.

23 février 1887⁽²⁾. — 5 heures du matin. — Puy-Sainte-Réparate. — Frémissement des verres; un grand bruit l'a précédé.

23 février 1887. — 11 heures et demie du matin. — Puy-Sainte-Réparate. — Frémissement des verres; un grand bruit l'a précédé.

Novembre 1906. — Mirabeau, Cordier, Saint-Paul (panique).

Novembre 1907. — Eyguières. — Détonations souterraines.

7 janvier 1908. — 8 heures soir. — Mirabeau, Beaumont, Saint-Paul et peut-être Puy-Sainte-Réparate.

J. 25 mars 1909⁽³⁾. — 9 heures soir. — Puy-Sainte-Réparate. — Une petite secousse.

V. 28 mai 1909. — Saint-Canadet. — Bruit souterrain.

Me. 9 juin 1909. — Papety (commune de Puy-Sainte-Réparate). — Le matin, grondements. — L'après-midi, bruits plus forts.

RÉPLIQUES. — On sait qu'un grand tremblement de terre n'est jamais un phénomène isolé et qu'il est presque toujours suivi par des secousses postérieures, ou *répliques*, dont le nombre est souvent très grand.

On conçoit, en effet, qu'à la suite de la secousse causée par le tremblement de terre, la région ébranlée ne puisse reprendre immédiatement son équilibre.

(1) En relation avec le tremblement de terre des Alpes-Maritimes et de Ligurie (23 février 1887).

(2) Cette secousse aurait été relatée par *le Petit Marseillais* du 26 mars 1909; mais on n'y a attaché aucune importance.

(3) Voir aussi BIGNON, *Sur quelques tremblements de terre qui ont dévasté la Provence et le Dauphiné* (C. R. Acad. Sc., 14 juin 1909, p. 1368-1370): tremblements de terre en 1282, 1644, 1731, 1738, 1769, 1772-1773, 1799, 1812.

Ces répliques ont le grand inconvénient d'affecter le moral des populations éprouvées et d'entretenir la terreur parmi elles.

Il serait très intéressant de pouvoir déterminer la liste de ces répliques pour le tremblement de terre de Provence et de pouvoir tracer pour quelques-unes d'entre elles les courbes isoséistes; malheureusement les résultats que j'ai recueillis sont tout à fait insuffisants dans ce but; je les donne cependant, pensant que, sur des questions comme celles-là où les documents sont si difficiles à réunir, il n'y en a jamais trop.

J'espère aussi qu'ils pourront servir à en compléter d'autres, recueillis par d'autres observateurs. Ils permettront peut-être aussi à quelques-uns de se retrouver dans les dates de ces secousses (1).

LISTE DES RÉPLIQUES ACTUELLEMENT CONNUES (2)

- V. 11 juin. — 9^h,15 du soir. — Partout. — Secousse principale.
 9^h,40 du soir. — Partout. — Deuxième secousse principale.
 12 heures. — Mouriès, grondements sourds.
- S. 12 juin. — 1 heure 1/2 du matin. — Rognes.
 3 heures du matin. — En Camargue, une secousse aurait été sentie par des gens venant au marché d'Arles.
 5 heures du matin. — Meyrargues, ressentie par tout le monde. — Puy-Sainte-Réparate, secousse nette.
 7 heures du matin. — La Madeleine, près Aix, frémissements.
 9^h,40 du matin. — Rognes (une secousse a été signalée à 9^h,45 à Castres, sur l'Agout!).

(1) Les données relatives aux Décanis-Barré (les Décanis d'après la carte d'Etat-major; Barré, d'après la dénomination actuellement usitée dans le pays), commune de Puy-Sainte-Réparate, m'ont été communiquées par M. Turcon, régisseur, qui les avait consignées sur son carnet au fur et à mesure.

Celles relatives à Rognes m'ont été fournies par le capitaine Barbarin, commandant la compagnie du 7^e génie, détachée dans ce village; cet officier les a également notées au fur et à mesure qu'elles se produisaient. Quelques autres sont dues aux renseignements de M. Poutet, correspondant du *Petit Marseillais* à Rognes.

Les observations faites au château de Brest (commune de Rognes) sont dues à M. de Salves, propriétaire de ce château.

A Puyricard, j'ai noté les dates dont se souvenait M. Bataille, directeur des écoles.

A Saint-Canadet (commune de Puy-Sainte-Réparate), j'ai recueilli les observations de M. Decanis, conseiller municipal, représentant ce hameau.

A Meyrargues, M. Sumian, maire, a bien voulu me faire part de ses remarques.

(2) Je donne les heures de ces répliques, telles qu'elles m'ont été fournies. On constatera souvent les divergences sensibles dans ces heures, qui ont rarement été notées avec précision.

- D. 13 juin. -- 2 heures du matin. — Les Décanis (Barré).
 5^h,30 du matin. — Meyrargues, sentie par tout le monde; rien n'a été cassé (vers 5 heures). — Pertuis, sentie par quelques personnes au repos, éveillées (vers 5 heures). Puy-Sainte-Réparate (5^h,30, une maison s'est écroulée), Puyricard, les Décanis-Barré (5^h,20), la Madeleiné, près Aix (2 secousses légères dans la matinée).
 9 heures du matin. — Puy-Sainte-Réparate (entre 9 heures et 9 heures et demie); les Décanis-Barré (9^h,15; secousse très forte; panique d'un habitant); Puyricard (8^h,30); Saint-Canadet (matinée).
 12^h,30 du soir. — Les Décanis-Barré; peut-être à Saint-Canadet (après-midi).
 7^h,40 du soir. — Puy-Sainte-Réparate (produit une vive émotion; deux autres ont eu lieu dans l'après-midi).
 8^h,20 du soir. — Les Décanis-Barré.
- L. 14 juin. — 4^h,30 du matin. — Les Décanis-Barré (forte).
 7 heures du matin. — Les Décanis-Barré (forte).
 10 heures du matin. — Les Décanis-Barré (violente; deux autres à 10^h,05 et 10^h,35 du matin).
 12^h,20 du soir. — Les Décanis-Barré.
 7^h,55 du soir. — Les Décanis-Barré.
- Ma. 15 juin. — 4^h,15 du matin. — Les Décanis-Barré.
 7 heures du matin. — Les Décanis-Barré.
 12^h,32 du soir. — Les Décanis-Barré.
- Me. 16 juin. — 1 heure à 2 heures du matin. — Région de Toulon (secousse courte et légère signalée par les journaux).
 3 heures 1/2 à 4 heures du matin. — Alleins.
 11^h,50 du matin. — Puy-Sainte-Réparate.
 3^h,45 du soir. — Puy-Sainte-Réparate (sentie par beaucoup de personnes, a fait écrouler l'Église-Vieille); Saint-Canadet (3^h,45 du soir), les murs tremblent; un peu de panique.
 10^h,34 du soir. — Saint-Cannat (forte secousse : quelques meubles auraient été renversés au passage à niveau). — à Papety, on aurait ressenti 9 secousses dans cette journée.
- J. 17 juin. — 3 heures du matin. — Rognes (a remué les bouteilles); Saint-Cannat.
 11 heures 1/4 du soir. — Rognes. — On signale deux petites secousses à Puy-Sainte-Réparate; il y en aurait eu toute la journée à Papety.
- V. 18 juin. — 2 heures du matin. — Château de Brest (commune de Rognes).
 3 heures 1/2 du matin. — Papety.
 5 heures 1/2 du matin. — Rognes (5^h,20, forte secousse; a descendu les bouteilles d'une cave; les fentes se sont élargies); Brest (5^h,21, un pilier étagé se renverse sur son étais; les lits bougent dans les ténèbres; la ferme de la Demoiselle souffre plus que lors de la secousse princi-

- pale); Papety; Celony (vers 5 heures), Touloubre (5^h,20 ; frémissements; rien de cassé).
 9^h,20 du matin. — Pertuis.
 10^h,20 du matin. — Rognes.
- S. 19 juin. — 1^h,34 du matin. — Rognes (heure donnée par le *Petit Journal*; les habitants m'ont dit vers 2 heures); château de Brest (vers 2 heures).
 8 heures du matin. — Rognes et ferme de Raimbaud; Puyricard.
 Soirée. — Saint-Canadet.
- D. 20 juin. — 2 heures du matin. — Rognes (château de Brest); Puy-Sainte-Réparate (2^h,10).
 5 heures 1/2 du matin. — Puyricard (les bouteilles ont tinté); Saint-Canadet (vers 5 heures).
 8^h,50 du matin. — Puyricard; Saint-Canadet (vers 9 heures).
- L. 21 juin. — 2 heures du matin. — Château de Brest (secousse assez forte); Rognes (ressentie par quelques personnes).
- V. 25 juin. — 3^h,37 du soir. — Lambesc (heure notée en séance du Comité de secours); Saint-Cannat; Rognes (des meubles auraient été déplacés; cette secousse est la seule des répliques qu'a ressentie l'instituteur).
- Me. 30 juin. — 5 heures du matin. — Pertuis (ressentie par quelques personnes couchées); Puyricard (les lits roulaient).

Les secousses ont continué après le 30 juin; mais ayant quitté le pays, il ne m'a pas été possible d'en recueillir la liste. J'espère cependant pouvoir compléter celle-ci sous peu.

On remarquera le très grand nombre de ces répliques (plus de quarante en vingt jours; on sait qu'en Calabre Mercalli en a noté environ 100 dans les trois premiers mois (1)).

On constatera que beaucoup de ces secousses ne sont signalées qu'en un ou deux points. Cela ne signifie pas qu'elles n'aient pas été ressenties plus ou moins légèrement un peu partout; mais on n'a pas eu toujours l'attention de les noter et surtout on a fait le silence sur la plupart d'entre elles.

Il est à remarquer cependant que la plupart des répliques n'ont été ressenties que dans la région Lambesc, Rognes, Saint-Cannat, Puyricard; quelques-unes l'ont été à Meyrargues et à Pertuis.

Il semble que dans la région ouest, en particulier à Salon (renseignement de M. Laugier, directeur des écoles) et à Grans, on n'ait pas senti de répliques, au moins d'une façon appréciable.

Il n'y a d'ailleurs là rien qui doive nous étonner; car on sait que les épïcêtres des répliques successives ne coïncident pas toujours

(1) MERCALLI, *Sur le tremblement de terre calabrais du 8 septembre 1905* (C. R. Acad. Sc., Paris, 14 janvier 1907).

avec celui du tremblement de terre principal et qu'ils voyagent sans loi apparente à la surface de la région la plus fortement ébranlée. Je crois, en particulier que les nombreuses petites secousses, ressenties aux environs de Puy-Sainte-Réparate, par exemple, à Papety, aux Décanis-Barré, etc., sont tout à fait locales et tiennent à la nature du sol, grès et marnes feuilletés avec intercalations gypseuses essentiellement instables où se produisent de petits tassements.

IV

Effets du tremblement de terre

EFFETS SUR L'HOMME

Les différentes personnes que j'ai interrogées ont été d'accord pour déclarer avoir senti d'abord un mouvement vertical de haut en bas, puis des mouvements horizontaux ondulatoires dirigés dans des sens divers.

En plusieurs points, on m'a affirmé que ce mouvement avait été nord-sud ; cette affirmation concorde assez bien avec ce que j'ai constaté des effets du tremblement de terre sur les constructions.

BRUITS SOUTERRAINS

Les bruits souterrains qui accompagnent souvent les tremblements de terre ont été entendus de la façon la plus nette.

A Aix, ce fut un long bruit sourd, à Lambesc, plutôt des bruits d'écrasement et de ferrailles ; dans la région de Rognes, Puy-Sainte-Réparate, plutôt de longs grondements.

Enfin, en quelques points, en particulier à la Madeleine (entre Puyricard et Aix), les habitants m'ont déclaré n'avoir entendu aucun bruit, autre que celui des objets qui résonnaient.

A Meyrargues, le bruit aurait précédé un peu la secousse principale ; un second bruit aurait été senti au moment de la secousse de 9^h 40.

A Brest, le bruit formidable et la secousse auraient été simultanés.

ACTION SUR LES SOURCES

Un assez grand nombre de sources du pays ont subi l'action du tremblement de terre, soit qu'elles aient tari, soit qu'au contraire

leur débit ait augmenté; voici les données que je possède à cet égard.

Meyrargues, à l'ouest du pays; probablement due au contact des calcaires néocomiens et des argiles rouges éocènes. — La source a tarié.

Saint-Canadet, commune de *Puy-Sainte-Réparate*; dans les alternances d'argiles et de calcaires oligocènes. — La source du village a augmenté son débit dans de grandes proportions (peut-être décuplé); dans le ravin au sud, dans les mêmes conditions géologiques, plusieurs petites sources ont augmenté de débit; d'autres sont venues au jour.

Les Décanis-Barré, commune de *Puy-Sainte-Réparate*, mêmes conditions géologiques. — La source a doublé de débit; une autre source s'est formée à 20 ou 30 mètres plus haut.

Papey, commune de *Puy-Sainte-Réparate*; mêmes conditions géologiques. — La source captée pour le domaine a tari presque complètement; une autre paraît s'être formée à une dizaine de mètres en contre-bas.

La Javie, commune de *Rognes*; dans la mollasse marine à *Ostrea crassissima*. — La source a diminué.

Grand-Saint-Paul, commune de *Rognes*; mêmes conditions géologiques. — La source a augmenté, elle remplissait un bassin en 20 jours; elle le remplit actuellement en 2 jours (débit décuplé).

Le Caire, commune de *Rognes*; mêmes conditions géologiques. — Le débit a diminué.

Eguilles. — Dans les alternances d'argile et de calcaires oligocènes. — Un puits de 30 mètres s'est tari. Un autre, à côté, autrefois à sec, s'est rempli d'eau.

De plus, un très grand nombre de sources de la région sont devenues troubles: le point le plus méridional qui m'a été signalé à cet égard est *la Fare*.

Ces faits s'expliquent facilement; le tremblement de terre a obstrué certaines voies souterraines parcourues par les eaux des sources et des émergences, amenant le tarissement de celles-ci. En d'autres points, elle les a désobstruées, facilitant ainsi à l'eau sa venue au jour.

ORIENTATION DES DÉGÂTS

L'orientation des dégâts est souvent aussi un critérium utile.

Dans la région sinistrée, elle m'a paru assez typique; ce sont, en général, les façades sud et nord qui sont les plus atteintes.

Le fait est particulièrement typique sur la route de Meyrargues à Puy-Sainte-Réparate, près de la halte de Saint-Canadet.

A Rognes, bien que presque tous les immeubles soient détruits, il semble bien que les façades nord et sud soient plus abîmées.

A Saint-Cannat, le fait est assez net ; dans beaucoup de maisons, les façades nord et les façades sud sont tombées ; les façades est et ouest, venant alors à manquer d'appui, ont eu une tendance à se mettre en surplomb. Dans ce cas, leur démolition est nécessaire.

Au sommet du clocher de Pertuis, ce sont les murs côté nord et sud qui ont été disjoints.

On ne peut citer à l'appui de cette thèse les églises, à cause de leur orientation à peu près constante : les façades nord et sud, étant parallèles à la nef, sont naturellement moins résistantes, et il n'y a pas lieu de les voir fréquemment en mauvais état.

De même, on peut objecter que les façades sud se sont effondrées à cause de l'orientation naturelle des maisons dans le sens est-ouest. D'autre part, on peut toujours craindre qu'il n'y ait une certaine suggestion dans des observations de ce genre ; l'hypothèse une fois émise, on finit par ne remarquer que les façades sud et nord.

Je citerai donc seulement le cas du pigeonnier de Saint-Canadet, commune de Puy-Sainte-Réparate qui, étant circulaire, n'a aucun côté privilégié ; ce sont les bords nord et sud qui sont abîmés.

APPARENCE DE MOUVEMENTS GIRATOIRES

Comme dans la plupart des tremblements de terre, on peut observer des apparences de mouvements giratoires. Des objets lourds ont tourné sur eux-mêmes et changé leur orientation, sans subir de mouvement de translation important.

A Rognes, le capitaine Barbarin m'a signalé que deux petits pinacles surmontant l'église de Rognes, pierres octogonales, ont tourné de 22° environ.

A Lambesc, le buste de la République a également tourné sur son socle d'un angle voisin de 45°.

A Salon, l'une des pierres couronnant un chapiteau de l'hôpital est tombée ; le socle a tourné d'un angle voisin de 15°.

Des phénomènes analogues ont été observés dans la plupart des tremblements de terre ; mais, comme l'a fait observer Fouqué, en les décrivant à propos du tremblement de terre d'Andalousie, ils n'impliquent nullement l'existence de forces comme celles qui d'ordinaire produisent les mouvements de rotation ; il s'agit simplement de

forces horizontales qui agissaient sur des objets fixés par un point, non situé sur la verticale du centre de gravité; par suite ces objets sont amenés nécessairement à se déplacer autour de ce point de fixation.

EFFETS SUR LE SOL

Les effets produits par le tremblement de terre sur le sol se réduisent à peu de chose.

A Meyrargues, dans une prairie située un peu à l'ouest et en face du village, d'énormes blocs de rocher ont été déracinés et ont roulé dans les champs; par contre, à quelques centaines de mètres de là, dans une carrière, les dégâts ont été nuls.

A Rognes, les rochers dits du Foussa qui dominent le village et supportaient le vieux château présentent quelques crevasses fraîches, et des parties assez considérables se sont éboulées.

Il en a été de même à Vernègues.

A Salon, on a signalé une crevasse assez profonde ouverte dans le sol.

Il en a été de même sur certains remblais du chemin de fer, aux abords de Lambesc.

Mais, dans tous ces cas, il ne s'agit pas de véritables fissures, mais de fentes qui ont été produites par des affaissements locaux du terrain, à la suite des secousses. Ils auraient tout aussi bien pu survenir à la suite d'une grande pluie ou de toute autre cause semblable. Ce sont des effets du tremblement de terre, au même titre que les crevasses des édifices; mais aucun de ces phénomènes n'est lié nécessairement à la cause du tremblement de terre.

V

Influences des divers facteurs sur les dégâts causés par le tremblement de terre.

Lorsqu'on examine de près les dégâts produits par le tremblement de terre, on constate dans leur distribution des anomalies assez curieuses que l'on peut attribuer à l'influence de divers facteurs.

INFLUENCE DU SOUS-SOL

La différence de stabilité et d'élasticité des sous-sols joue certainement un rôle considérable. J'ai déjà indiqué comment les massifs de calcaires crétacés avaient été à peu près épargnés.

Cette corrélation se poursuit jusque dans le détail.

Ainsi, le château de Beaulieu qui a peu souffert (voir précédemment) doit sa préservation à la nature solide de son sous-sol (basalte).

INFLUENCE DE L'ALTITUDE

On pourrait croire que l'altitude relative des différents points joue un rôle dans l'importance des dégâts.

C'est ainsi que Vernègues et Venelles, qui sont parmi les villages les plus dévastés, sont situés sur des collines élevées, tandis que les points situés au-dessous d'eux (Alleins ou la Maison-Basse pour Vernègues, Venelles-Bas) n'ont que des dommages insignifiants. Je ne dis pas que l'altitude ne puisse avoir une certaine influence; mais, dans tous ces cas, la différence de nature géologique du sol me paraît avoir joué un rôle prépondérant.

En tous cas, on peut citer des exemples où ce sont les points les plus élevés qui ont été préservés; ainsi le haut de Meyrargues.

De même à Lambesc, le haut du pays bâti sur le calcaire est relativement moins atteint et les granges qui se trouvent sur le plateau entre Lambesc et Croignes ont été protégées; c'est qu'elles se trouvent sur une petite bande de calcaires qui s'est opposée au passage des ondes sismiques; il en est de même du moulin de Saint-Marc, qui n'a pas trop souffert non plus.

D'une façon générale, ce sont les pays situés en terrain relativement peu solide qui ont été les plus endommagés et cela est d'ailleurs un fait bien connu en sismologie.

A Salon, les immeubles du bas de la ville sont fondés sur des éboulis extrêmement meubles, dans lesquels les fondations sont certainement insuffisantes.

INFLUENCE DU MODE DE CONSTRUCTION DES MAISONS

Le mode de construction des maisons a joué évidemment un grand rôle. La plupart d'entre elles étaient bâties d'une façon déplorable, et il est bien certain que les dégâts auraient été beaucoup moins

considérables si les maisons avaient été construites, non pas même suivant les principes applicables en pays sismique, mais seulement suivant les lois ordinaires de l'art architectural.

Cependant il faut noter que constamment on observe l'indépendance du mode de construction et des dégâts. Des immeubles, dans un état de vétusté et de ruine extraordinaire ont à peine souffert; ainsi les vieilles maisons, au-dessous du château de Meyrargues, certaines vieilles maisons de Rognes, de Lambesc, de Saint-Cannat, etc.

A Vernègues, une vieille maison inhabitée depuis vingt ans, tant elle était vieille, n'a pas été touchée.

On pourrait multiplier les exemples d'immeubles en mauvais état, qui ont été ainsi conservés, on pourrait presque dire, d'une façon miraculeuse.

Ailleurs, au contraire, de beaux immeubles d'apparence solide ont été complètement crevassés.

Il semble que, toutes autres choses égales d'ailleurs, les maisons bâties en petits matériaux (moellons, brique) aient mieux résisté que celles bâties en matériaux de grande taille. C'est là d'ailleurs un fait bien connu⁽¹⁾, mais qu'il était intéressant de retrouver ici.

Il en résulte que si la vétusté des maisons a été un facteur important et a augmenté leurs chances de démolition, il n'est pas le seul. Il faut donc chercher d'autres causes que la vétusté au fait que certaines zones ont été complètement dévastées et que d'autres sont relativement épargnées.

MINIMES DÉGATS AUX CHEMINÉES ET AUX PUIITS

Les quelques grandes cheminées qui existaient dans la région ont peu souffert. C'est là un fait bien connu que la résistance des tours circulaires aux tremblements de terre; car ce mode de construction est parfaitement fait pour résister aux mouvements horizontaux (vent ou tremblement de terre).

Il faut noter également que les puits ont peu souffert. Dans la propriété de Tabour, un puits ancien profond de 40 mètres n'aurait pas eu une pierre descellée, tandis qu'il y a des dégâts importants au voisinage.

1. Voir en particulier Fouqué, *Rapport sur les tremblements de terre de Céphalonie* (*Arch. miss. sc. et litt.*, 3^e série, IV, 1868, p. 445).

DÉGATS AUX ÉGLISES

On remarquera que la plupart des églises de la région dévastée ont été très gravement touchées. Cela tient à ce que l'écartement des murs a causé la destruction des voûtes. Là encore on a une preuve de la grande importance du mouvement horizontal dans la destruction des habitations.

Les clochers ont également beaucoup souffert, à cause du non-synchronisme des vibrations du clocher et du corps de l'église, où deux portions du bâtiment n'étant généralement pas de la même époque n'étaient pas construites de la même manière, etc.

Ces faits expliquent pourquoi, dans des pays relativement peu éprouvés, comme Mouriès, Vauvenargues, les églises ont été les édifices les plus endommagés.

Ils rendent d'autant plus remarquable le fait que l'église de Rognes a peu souffert, à côté des maisons dévastées de la pente qui se trouve au-dessus d'elle.

VI

Apparence de disposition zonaire des dégâts dans la région dévastée.

Il m'a paru, en plusieurs points, apercevoir dans la région dévastée une disposition en zones des dégâts. On conçoit ce que de telles constatations ont de délicat ; tout d'abord, elles ne seraient possibles que si tout le pays était couvert de maisons ; en second lieu, même dans ce cas, les variations dans la nature du sous-sol et dans le mode de construction des maisons introduiraient des perturbations telles qu'il serait difficile de mettre ce phénomène en évidence d'une façon nette.

Cependant, dès à présent, il me paraît intéressant de noter quelques faits de cet ordre qui me paraissent dignes d'attirer l'attention, sinon d'apporter la conviction.

Rognes. — J'ai déjà dit combien les dégâts étaient à Rognes curieusement localisés sur le bord nord de la route. Évidemment, ils ont porté surtout sur de vieilles maisons, faciles à démolir, situées sur la pente d'une colline.

Mais, parmi les maisons du bord sud de la route, il y en avait d'également vieilles, situées également sur la pente de la colline ; la nature du terrain paraît à peu près la même dans l'ensemble.

Pourquoi les unes sont-elles détruites, tandis que les autres sont restées debout?

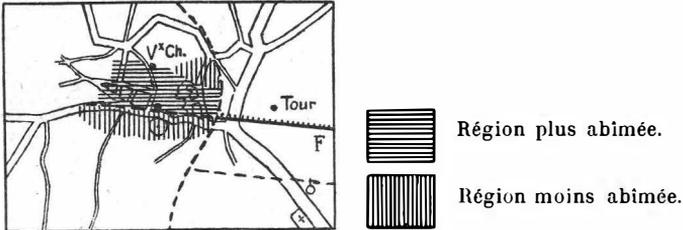


FIG. 2. — Schéma de la répartition des dégâts à Rognes.

Entre Rognes et Lambesc. — Sur la route qui réunit ces deux villages, un peu à l'ouest du Petit-Saint-Paul qui est complètement démoli, entre ce point et Rue, se trouve une série de maisons, s'alignant à peu près parallèlement à la route. Ces maisons ont relativement résisté, tandis que celles situées un peu au nord sont toutes effondrées.

Lambesc. — A Lambesc, on croit pouvoir observer des faits analogues. C'est le centre du pays qui a le plus souffert. Le haut du pays, quoique presque au contact des sédiments crétacés et miocènes, a peu souffert. La région tout à fait basse, comme les Biates, a été

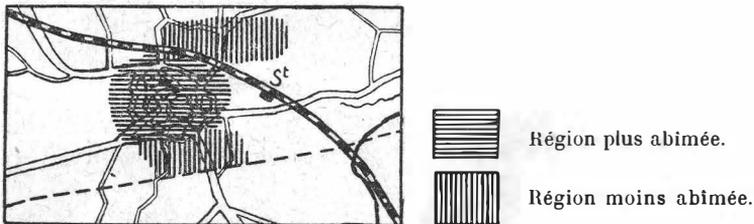


FIG. 3. — Schéma de la répartition des dégâts à Lambesc.

----- Contact de deux terrains différents.

préservée; on serait donc en présence de trois zones, l'une fortement atteinte, intercalée entre deux zones moins endommagées.

Saint-Cannat. — J'ai déjà dit que la partie sud de Saint-Cannat, et en particulier le faubourg d'Aix étaient relativement moins endommagés que le centre du village; il semble également qu'il y ait plus au nord, à hauteur de la gare, une zone un peu moins lézardée.

Ce sont là des faits que je relate parce qu'ils m'ont frappé, mais auxquels il ne faudrait pas attacher trop d'importance, tant qu'ils ne seront pas vérifiés et corroborés par d'autres.

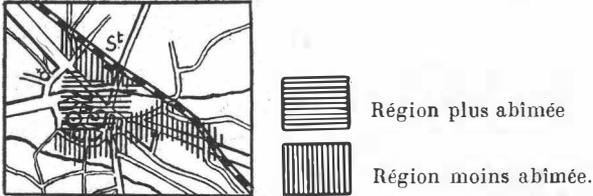


FIG. 5. — Schéma de la répartition des dégâts à Saint-Cannat.

Meyrargues. — Un fait curieux m'a été signalé par M. Sumian, maire de Meyrargues. M. Sumian se promenant sur la route, vers le coude de la grand'route, n'a rien senti ; mais il a vu bouger les maisons de Meyrargues, et il a cru que c'était l'immeuble du cercle, peu solide, qui s'écroulait. Le facteur, situé environ à 400 mètres plus loin vers la gare, a été renversé.

Si ces dires sont exacts, il y aurait donc là encore une zone, peu affectée entre deux zones éprouvées.

Dans tous les cas, la largeur de ces zones, si elles existent, serait voisine de 400 mètres (à 100 mètres près).

Resumé. — Ces faits ne me paraissent pas encore suffisamment nets pour les considérer comme acquis. J'attire seulement l'attention sur eux de façon à ce que les travaux ultérieurs sur ce tremblement de terre permettent de savoir s'ils correspondent ou non à la réalité.

Je ferai seulement remarquer qu'ils seraient assez logiquement explicables dans l'hypothèse où les ondes sismiques, provenant de l'ébranlement de la zone sismogénique Lambesc-Rognes, se seraient réfléchies sur les deux massifs calcaires que j'ai désignés sous le nom de massifs de l'est et de l'ouest.