

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
Band: 6 (1890-1893)

Artikel: Études de géologie biblique : la théorie sismique du déluge
Autor: Girard, Raymond de
Kapitel: IV: Rappel de quelques points de la théorie générale des tremblements de terre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-306909>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CHAPITRE IV

RAPPEL DE QUELQUES POINTS DE LA THÉORIE GÉNÉRALE DES TREMBLEMENTS DE TERRE

Effets accessoires des tremblements

I. — PHÉNOMÈNES SONORES.

Presque tous les tremblements de terre sont accompagnés de phénomènes sonores, consistant en bruits souterrains et comparés tantôt au roulement du tonnerre, tantôt à un grincement ou au cliquetis de la ferraille.¹ Ces bruits, tantôt précèdent l'ébranlement, tantôt l'accompagnent, tantôt enfin durent plus longtemps que lui ou même lui succèdent. Ils sont de nature très différente, tantôt courts, rappelant la détonation d'une arme à feu, tantôt plus longs et imitant le roulement d'une voiture pesamment chargée ou celui du tonnerre. Dans ce dernier cas, l'effet produit sur les imaginations naïves est considérable : la foudre emprisonnée sous la terre est un phénomène incompréhensible et les récits portent presque toujours la mention d'une *voix*, la voix du tonnerre, comme disent aussi nos poètes. Quant à l'intensité du son, elle n'est aucunement en relation avec la force de l'ébranlement : on a vu des séismes très faibles être accompagnés de bruits formidables, et des ébranlements désastreux accomplir dans le

¹ R. Høernes, *Erdbebenkunde*, p. 74. — De Lapparent, *Traité de géologie*, 3^e éd., p. 527. — Neumayr, *Erdgeschichte*, I, 290.

plus profond silence leur œuvre dévastatrice. A la première catégorie se rapportent les cas où l'ébranlement, extrêmement faible, n'était plus perceptible. Les bruits, au contraire, étaient très forts, et comme ils paraissaient indépendants de toute autre cause ils reçurent le nom caractéristique de *phénomènes sonores* ou telluro-acoustiques. Telles furent, par exemple, les détonations violentes et prolongées qui se produisirent à l'île Méléda, dans l'archipel dalmate. P. Partsch, qui les a décrites,¹ les attribue à des tremblements de terre, bien que les ébranlements qui les accompagnèrent fussent tout à fait insignifiants. Le travail de Partsch contient une série d'explications proposées pour ces phénomènes,² nous y reviendrons plus tard, mentionnons seulement celle de Breislak, présentée le 15 août 1823 dans un mémoire adressé à l'institut scientifique de Milan. Breislak y attribue les détonations de Méléda à des effondrements souterrains, Partsch s'efforce de combattre cette manière de voir, mais ses arguments ont peu de valeur.³

Un phénomène du même genre, quoique avec des proportions beaucoup moindres, se produisit en novembre et décembre 1851 au Monte Tomatico près de Feltre. Ici aussi, les ébranlements furent insignifiants et ressentis seulement dans une zone très limitée.

Mais l'exemple le plus remarquable, ce sont les *bramidos* de Guanaxuato au Mexique, rendus célèbres par les descriptions de Humboldt. Ces « rugissements » se produisaient seuls, sans qu'aucun ébranlement les accompagnât. Voici le récit qu'en donne Humboldt : « Guanaxuato, dit-il, riche et célèbre cité minière, est éloignée de tout

¹ *Bericht über das Detonations-Phänomen auf der Insel Meleda bei Ragusa*, Vienne 1826.

² *Loc. cit.*, p. 101 à 152.

³ *Ibidem*, p. 141.

volcan. Les bruits durèrent plus d'un mois à partir du 9 janvier 1784 à minuit. On eût dit qu'il y avait sous les pieds des habitants des nuages chargés d'électricité, à l'intérieur desquels on entendait les roulements prolongés du tonnerre, et de temps en temps des détonations courtes et plus violentes. Le phénomène se termina comme il avait commencé, par la décroissance progressive de l'intensité des bruits. Presque tous les habitants, affolés de terreur, quittèrent la ville sans se soucier des grandes quantités d'argent en barre qui y étaient amassées. Bientôt cependant un souci d'un autre genre vint faire diversion ; une bande de brigands avaient pénétré dans la ville déserte et s'étaient emparés de ces richesses. Les plus courageux parmi les habitants, s'étant fait à ce tonnerre souterrain, s'étaient décidés à rentrer chez eux. A peine de retour, ils durent prendre les armes pour combattre les brigands. Pendant toute la durée du phénomène il ne fut pas perçu le plus léger ébranlement, ni à la surface du sol, ni dans les mines profondes de 1500 pieds. Un phénomène de ce genre ne s'était jamais produit précédemment dans le haut plateau mexicain et il ne s'est jamais répété depuis. Naturellement, dans des cas pareils, la cause des grondements est complètement inconnue, mais alors même qu'ils forment, comme c'est le cas dans presque tous les tremblements de terre, le cortège des ébranlements, il n'est pas facile de déterminer la cause ni le point de départ des bruits.

Dans les tremblements locaux, comme ceux qui résultent de l'expansion des matières volcaniques ou d'effondrements localisés, il est permis de chercher le point de départ de l'ébranlement sonore au point de départ de l'ébranlement rocheux, car il est clair alors que les deux phénomènes procèdent de la même cause : les explosions volcaniques ou les effondrements de cavités souterraines. Au contraire, dans les séismes de grande amplitude qui affectent en

même temps, ou à peu près, des portions considérables de la lithosphère terrestre, il est en général aussi impossible de parler du point de départ précis de l'ébranlement sonore que celui de l'ondulation sismique. Lorsque, par exemple, comme au tremblement d'Agram, une grande étendue de la surface terrestre est atteinte à peu près au même moment par un mouvement d'ondulations transversales, ainsi que l'ont établi avec certitude les recherches de Wähner, il était difficile que les phénomènes sonores perçus en même temps que l'ébranlement, ou à peu près, sur les points les plus divers de la région disloquée eussent d'autre cause que le mouvement local des masses rocheuses, et ce serait sans doute faire erreur que de leur attribuer une propagation indépendante à partir d'un foyer probablement imaginaire.

Il nous paraît devoir en être autrement dans les séismes linéaires, à quelle classe qu'ils appartiennent. Dans ce cas, l'ébranlement partant d'une région en butte à une crise de dislocation, pour se propager suivant des lignes orogéniques prédestinées, le foyer du son doit se trouver dans la région disloquée avec celui de l'ébranlement, ou se transporter avec lui le long des lignes sismiques. La caractéristique de ces ébranlements et des phénomènes qui les accompagnent, pour autant au moins que nous les connaissons jusqu'à présent, est en effet de se succéder en *séries* dans des localités souvent assez éloignées, situées sur la trajectoire du séisme. Ce fait a été mis hors de doute pour ce qui concerne les dégagements gazeux subordonnés à l'ébranlement. C'est ce que prouvent les coups de grisou se succédant en *feux de file* et les récurrences auxquelles sont sujets les dégagements intermittents de pétrole comme ceux de la mer Morte.¹ Cela posé, il est naturel d'attri-

¹ Comparez les mémoires de M. B. de Chancourtois *Sur un*

buer le même mode de propagation aux autres phénomènes accessoires dérivant du déplacement des masses, aux phénomènes sonores, calorifiques, lumineux ou électriques.

Dans ce cas et dans d'autres analogues, où l'ébranlement a sa source en un point donné ou dans une région limitée, on peut parler du foyer sonore et attribuer à ce terme une signification précise. C'est dans cet ordre d'idée que de Lasaulx rappelle la chute de la cloche de la Königsgrube, où l'ébranlement produit par cette chute s'accompagna d'un grondement sourd dû aux vibrations du terrain. Dans les cas de ce genre, on peut, avec lui, admettre pour le son le même foyer limité que pour l'ébranlement lui-même.¹

D'où proviennent ces bruits insolites qui accompagnent les tremblements de terre ; est-ce le sol ou l'atmosphère qui les transmet ? Ce doit être le sol, et cela en vertu des raisonnements suivants : Le son, qui parcourt dans l'air 340 m. à la seconde, se propage, comme l'on sait, beaucoup plus vite dans les corps solides. Sa vitesse de propagation est, dans les bois, de 11 à 17, dans l'argile cuite 10 à 12 fois supérieure à ce qu'elle est dans l'air et, d'après les recherches de Wartheim, ces rapports seraient plus grands encore lorsqu'il s'agirait, non plus de tiges formées de ces matières, mais bien de masses plus grandes. Etant donné, d'autre part, que sa vitesse dans l'eau atteint déjà 1435 m. (d'après Colladon et Sturm), il semble que le son doive se propager dans le sol et surtout dans le sous-sol rocheux avec une vitesse plus grande que dans l'air. D'après cela, le son perçu en un point quelconque de la surface, plus ou moins en même temps que l'ébranlement sismique, devra y être

moyen de prévoir les dégagements de grisou, C. R., A. S. 30 avril et 25 juin 1883.

¹ Von Lasaulx, *Die Erdbeben*. Kenngott, *Handwörterbuch der Mineralogie*, I, 318.

parvenu uniquement par le sol. En effet, sa vitesse dans l'air étant relativement faible, le son perçu en un point donné en même temps que l'ébranlement, ne pourrait pas provenir de cet ébranlement même et du point considéré, mais seulement d'un autre point, frappé précédemment par le séisme et ayant alors émis ce son. Mais la voie aérienne est plus longue que la voie souterraine puisque le son doit d'abord émerger de son point de départ qui est toujours situé à une certaine profondeur, en outre, la partie atmosphérique du trajet s'accomplit avec une vitesse moindre, surtout en tenant compte du retard, toujours considérable, qu'éprouve le son en passant d'un milieu plus dense dans un milieu plus raréfié. Il est donc très probable, pour ne pas dire certain, que l'ébranlement se sera transmis, d'un point à l'autre, plus vite que le son et que ce dernier arrivera en retard. Si donc les deux arrivent en même temps, ou à peu près, il est très probable que le son s'est propagé uniquement par le sol. C'est d'ailleurs un fait d'expérience que, dans les tremblements de terre, les bruits paraissent toujours, ou presque toujours, venir des profondeurs de la terre. Dans l'Amérique du Sud, dit Humboldt, c'est un fait général : c'est à l'ouverture des fontaines et des sources qu'on entend le mieux le bruit des tremblements de terre. Une autre preuve du même fait, c'est que cette simultanéité de l'ébranlement et du son se manifeste vers les bords d'une région ébranlée à peu près aussi exactement qu'au centre.¹ Ainsi donc, le phénomène sonore qui accompagne habituellement les séismes est de provenance souterraine, ce qui n'exclut pas la production dans l'atmosphère, par suite des mouvements du sol, de phénomènes sonores aussi, mais d'une nature toute différente. Il est évident, en effet, qu'un mouvement

¹ Lasaulx, *op. cit.*, p. 319.

violent, imprimé à une portion considérable de la lithosphère, doit se transmettre aux régions atmosphériques adjacentes. Il s'y traduira par un coup de vent, un grondement, un sifflement, ou quelque'autre phénomène analogue, et, de fait, c'est ce qu'on a observé *dans un grand nombre* de tremblements de terre.¹ D'autres fois, par exemple à Oppido, au centre du tremblement de terre de Calabre, on entendit, le 5 février 1783, peu après midi, une sorte de mugissement sourd dans l'air et tout à coup il s'éleva un vent violent accompagné de sifflements et d'un bruit sourd indéfinissable. La terre commença à trembler et à onduler faiblement jusqu'à ce que, peu après, il se produisit la première forte secousse qui causa immédiatement les plus grands désastres. —

Les phénomènes sonores sont donc quelque chose de tout à fait ordinaire dans les tremblements de terre et, de fait, ils ont été observés à maintes reprises depuis l'antiquité jusqu'à nos jours.

Aristote déjà savait que les séismes sont parfois accompagnés de bruits souterrains et que même ces derniers se produisent quelquefois sans qu'aucune commotion soit ressentie : « *Porro spiritus,*² dit-il, *sonos eos facit qui sub terra fiunt, quique terræ motus præcedere solent. Quin et sine motu jam alicubi sub terra factus est sonus.* »³

Pline aussi connaissait ce phénomène et les différentes espèces de bruits qu'il peut produire : « *Varie itaque quattitur (terra) et mira eduntur opera : alibi prostratis mœnibus, alibi hiatu profundo haustis, alibi egestis molibus, alibi*

¹ Hœrnes, *op. cit.*, p. 107.

² Aristote entendait par *spiritus* quelque chose d'analogue à ce que nous appelons les gaz, à l'expansion desquels il est permis d'attribuer certains ébranlements sismiques.

³ V. *Meteorologicorum Lib. II. Cap. VIII.* Trad. Duval, Paris 1654.

emissis amnibus: non nunquam etiam ignibus, calidisve fontibus, alibi averso fluminum cursu. Præcedit vero comitaturque terribilis sonus alias murmur similis mugitibus, aut clamori humano, armorumve pulsantium fragori: pro qualitate materiæ excipientis, formaque vel cavernarum, vel cuniculi, per quem meat; exilius grassante in angusto, eodem rauco in recurvis, resultante in duris, fervente in humidis, fluctuante in stagnantibus: item fremente contra solida. Itaque et sine motu sæpe editur sonus. Nec simplici modo quatitur, sed tremit vibratque. Hiatus vero alias remanet, ostendens quæ sorbuit, alias occultat ore compresso, cursusque ita indicto solo, ut nulla vestigia exstent, urbibus plerumque devoratis, agrorumque tractu hausto. »¹

Le P. Vitale Andriasci, *Minor osservante*, dans une lettre à Diodono Bosdari à Ancône, datée de Raguse 16 avril 1667,² racontant le terrible tremblement de terre qui, la même année, avait détruit Raguse presque complètement et enseveli en un instant 5000 personnes sous les ruines de leurs maisons, s'exprime comme suit : « On entend constamment (cette lettre date de dix jours après le commencement de la catastrophe) du côté de la haute mer comme un écho du tonnerre ou de coups de canon, et nous ne pouvons pas savoir d'où ce bruit provient en réalité. » Ces bruits venant de la mer ne ressemblent-ils pas étrangement aux *avertissements* donnés à Hasis-Adra par Eâ, le dieu de la mer, combinés avec la *voix* qui lui indique le moment de s'embarquer ?

Le P. Francesco Appendini, dans ses *Notizie istorico-critiche sulle antichità, storia e letteratura de Ragusei*, Raguse 1802, II, 322, fait aussi mention de ces bruits en

¹ *Historia naturalis*, Lib. II, § 80 et resp. 82.

² Stulli, *Sulle detonazioni della isola di Meleda*. Lettere del D^r L. Stulli, Raguse 1824. — Le même, Lettera v *Sulle detonazioni di Meleda*, Raguse 1825. — In Partsch, *Op. cit.*, p. 160

parlant du plus terrible des tremblements de terre qui ait jamais désolé Raguse : « On observa aussi, dit-il, que la mer se retira avec un bruit sourd et effrayant semblable au tonnerre, qui dura pendant quelques jours sans qu'on pût savoir d'où il venait, pour grossir ensuite de deux aunes, au point que les fontaines et les citernes furent mises à sec, etc. » Voilà un phénomène à rapprocher de celui qui marqua le siège de Potidée, dont parle Suess.

Dans les *Untersuchungen über das Wahrscheinliche der Wetterkunde* (Vienne 1788), de Pilgram, on trouve, sous la rubrique « tremblement de terre, » à l'année 1777, la mention suivante : « Le 28 juillet, on entendit à Comorn (Hongrie) une détonation semblable à un coup de canon, qui fut accompagné de secousses violentes. »

Le *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts*, t. LXVIII (livraison d'octobre 1808) contient un rapport sur le tremblement de terre de la même année en Piémont.¹ Nous en extrayons les passages suivants :

1. — P. 309 (4 avril 1808). « Pendant cette journée, il y eut à La Tour de nombreuses petites secousses, et on entendit constamment un bruit souterrain sourd, semblable à une canonnade. Ce bruit s'est répété plusieurs fois dans les journées suivantes. »

2. — P. 310 (8 avril). « A Barges, temps clair, vent du N.-E. Canonnade souterraine sans tremblement de terre. »

¹ *Rapport sur le tremblement de terre, qui a commencé le 2 avril 1808, dans les vallées de Pelis, de Clusson, du Pò, etc., fait à la classe de science physique et mathématique de l'Académie impériale de Turin, dans sa séance du 2 mai 1808, par A. M. Vassalli-Eandi.* — Un extrait du même, dans la *Bibliothèque britannique*, t. 38, série *Sciences et Arts*. — Un autre extrait, de M. Bossy, dans le *Giornale della società d'incoraggiamento delle scienze e delle arti stabilito in Milano* (oct. et nov. 1808), avec de nombreuses et intéressantes observations personnelles de l'auteur.

3. — P. 310 (9 avril). « A Pignerol, secousse à 11 h. du soir, précédée d'un bruit sourd. Les habitants regardent ces bruits comme précurseurs des secousses. »

4. — P. 312 (11 avril). « A Briquerasque, vers minuit, une secousse plus forte que celle du 2 ; deux heures après, une autre secousse plus faible. Le reste de la journée, calme, sauf une faible canonnade souterraine. »

5. — P. 318 (18 avril). « A La Tour, à 4 h. du matin, deux espèces de détonations bien distinctes se succèdent en moins de deux secondes. Un météore lumineux éclaire subitement la tente de M. Simondi, greffier de M. Appia, juge de paix de La Tour. M. Simondi crut qu'un volcan s'ouvrait sous ses pieds. A 5 h. du matin, le soleil s'obscurcit, etc. »

6. — P. 320 (21 avril). « A Briquerasque, 5 h. du matin, une secousse. A 2 h. après midi, faible averse pendant 1 heure. Le temps se remet ; nuit claire et tranquille, sauf deux détonations faibles pareilles à des coups de canons lointains, entendues vers minuit. »

7. — P. 321 (22 avril). « La Tour, 5 $\frac{3}{4}$ h. du soir, une secousse de troisième ordre avec bruit sourd perceptible en collant l'oreille à terre. »

8. — P. 323 (30 avril). « Barges, 3 h. du matin, une secousse accompagnée d'un fort coup de canon sans oscillations ni pulsations, puis deux explosions. Le matin, le temps était couvert et pluvieux ; dans la suite, il s'améliora et les bruits souterrains cessèrent. »

9. — P. 323 (1^{er} mai 1808). « Du 24 au 30 du mois écoulé on ne sentit à La Tour aucune secousse distincte, mais un bruit plus ou moins fort, de 4 à 5 fois en 24 h., et venant du N.-E. Il y eut même une journée entière sans aucun bruit. Un énorme pan de rocher se détacha de la montagne près de Villars ; il écrasa dans sa chute 33 châtaigniers et une quantité d'autres arbres et emporta une

maison inhabitée. Heureusement, ce rocher se partageait-il en tombant, sans quoi il eût infailliblement détruit 4 ou 5 maisons habitées. »

10. — P. 324 (2 mai). « A Briquerasque, plusieurs secousses après minuit, mais très faibles. On eût dit plutôt une canonnade lointaine produisant un léger ébranlement. »

11. — P. 324 (5 mai). « La Tour, environ 48 h. sans secousse perceptible. Ce matin, 3 $\frac{1}{2}$ h. et à 5 h., trois légères secousses dont l'une accompagnée d'une détonation pareille à un fort coup de canon. »

12. — P. 325 (5 mai). « Pignerol, 11 h. du matin, trois coups de canon paraissant venir de Lucerne, puis une très forte secousse. »

13. — P. 325 (8 mai). « Barges, vers 3 et 4 h. du matin, quelques légers mouvements verticaux (soulèvements du sol) faibles; vers le soir, ondulations avec frémissements semblables à ceux que produirait une canonnade souterraine (?). »

14. — P. 326 (11 mai). « La Tour, entre 3 et 4 h. du matin, bruit sourd qui devint assez fréquent pendant la journée, bien que faible. 3 $\frac{1}{2}$ h. du soir, bruit sourd comme d'une explosion souterraine. Quelques minutes après, 6 h. du soir, une secousse de troisième ordre rejetait le pays dans l'anxiété. A 10 $\frac{1}{2}$ h. du soir une autre explosion. »

Dans l'extrait de la *Bibliothèque britannique* que nous avons mentionné se trouve le passage suivant tiré d'une lettre d'un M. Garola à l'auteur du mémoire :

15. — P. 138. « C'est une chose digne de remarque que depuis le 16 (avril 1808), ces bruits inquiétants se sont fait entendre dans l'air avec un redoublement d'intensité. On eut dit que des batteries d'artillerie, installées dans ces montagnes, exécutaient de temps à autre un feu roulant. Ce bruit est parfois accompagné de faibles secousses. »

Dans le rapport des professeurs Kitaibel, Tomtsanyi et

Fabrizy, sur le tremblement de terre de Stuhlweissenburg en Hongrie, dans les mois de janvier, février et mars 1810,¹ on trouve les données suivantes :

1. — « Quelques instants avant les commencements du tremblement de terre, on entendit un bruit que quelques personnes comparèrent à un orage souterrain; d'autres, à un char pesamment chargé roulant rapidement sur le sol durci; d'autres encore, au bruit que fait en passant un nombreux vol d'oiseaux, la plupart au bruit du tonnerre qui s'approche. »

2. — « Les habitants de Moor et d'autres localités voisines assurent unanimement qu'après le premier choc on entendit pendant toute la nuit un bruit particulier fait de grondements et de craquements. Plusieurs le comparèrent à la canonnade de la bataille de Raab, qui s'était fait entendre jusque-là. »

3. — « Plusieurs personnes assurèrent que l'on entendit souvent le bruit souterrain sans ressentir d'ébranlement du sol et réciproquement. »

La livraison de novembre de la *Biblioteca italiana* de 1817 contient (p. 350) un rapport de l'agent consulaire autrichien à Sciacca en Sicile, M. Francesco Imbornone, sur le tremblement de terre qui atteignit cette ville à la fin de 1816 et au commencement de 1817. Ce tremblement fut des plus violents et présenta plusieurs phénomènes remarquables, tels que : apparition de colonnes de feux et de fumée, bruits souterrains très forts, modification dans l'eau des fontaines, etc. Les bruits souterrains, comme à Meleda, ressemblaient fréquemment à une canonnade. Nous extrayons de ce rapport les passages suivants :

1. — « Au commencement de la neuvaine (*Novena*) de

¹ *Vaterländische Blätter für den österreichischen Kaiserstaat*, Ihrig. 1811, n^{os} 12 et 13, *Appendice*; et *Medicinische Jahrbücher des k. k. österreich. Staates*, 2^e Bd., 2^e St., Vienne, 1813.

Noël de l'année écoulée (1816), on commença à entendre le tonnerre souterrain; il était intermittent et ressemblait à une canonnade tirée au loin en mer, mais si faible qu'il ne causa pas la moindre émotion dans le peuple. »

2. — « 23 décembre, tonnerre souterrain violent, puis une faible secousse. »

3. — « Le reste du mois de décembre et jusqu'au 9 janvier 1817, on entend des bruits suivis d'échos souterrains très espacés, tantôt forts, tantôt faibles. »

4. — « 14 janvier, 3 h., roulement souterrain effroyable et subit suivi d'une commotion qui ébranla toute la ville. »

5. — « 15 janvier, 2 h. du matin, craquement souterrain épouvantable, suivi d'un choc violent qui met toute la population en émoi. »

6. — « Le même jour, au coucher du soleil, les bruits souterrains et les secousses recommencent; on en compte 25 en 24 heures. »

7. — « 16 janvier, 7 h. du soir, bruit souterrain avec commotion terrible qui met toutes les cloches en mouvement. »

On lit dans la publication intitulé *Froriep's Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde*, n° 58 du t. 3 : « Le premier octobre 1822 il fut ressenti dans la ville de Mies en Bohême et dans les environs, une violente secousse de tremblement de terre accompagnée d'un bruit souterrain pareil au sourd roulement du tonnerre. »

La *Klagenfurter Zeitung* et, après elle, l'*Oesterreichischer Beobachter*, n° 61 de l'année 1825, parlent d'un tremblement de terre survenu à St-Veit en Carinthie, dans la nuit du 20 au 21 février. Ici aussi, on entendit « un tonnerre souterrain, sourd mais violent, » On remarque que l'ébranlement ne s'étendit pas au loin et que les dégâts causés aux édifices furent insignifiants.

Dans la revue citée plus haut, *Froriep's Notizen*, t. 7,

n^{os} 137 et 154, il est fait mention d'un tremblement de terre dans la province de Cutch, dans les Indes orientales. Cette catastrophe eut lieu en 1819, coûta la vie à plus de 1500 personnes et présenta aussi des phénomènes sonores. Nous lisons en effet dans le numéro 154 : « Le bruit effroyable qui se faisait entendre pendant le tremblement de terre consistait en un roulement, semblable parfois à celui de voitures lancées à fond de train, parfois au roulement d'une canonnade lointaine. »

La même publication, n^o 40 du t. 2, contient une relation de Burchell qui, au cours d'un de ses voyages dans l'Afrique du Sud, observa au Cap un tremblement de terre qu'il raconte comme suit :¹ « J'étais dans ma chambre occupé à mes préparatifs de voyage, lorsqu'une détonation violente retentit à quelques pas de moi. On eut dit qu'une pièce de canon se déchargeait devant ma porte et ébranlait la maison. Trois ou quatre secondes après, second coup plus fort que le premier, avec le craquement du tonnerre. Au premier coup, je crus que c'était une des pièces de campagne que des soldats de la garnison traînaient précisément devant la maison qui se déchargeait. Le second coup était trop fort pour un canon, et immédiatement l'idée me vint que l'une des poudrières sautait en l'air.... Je me précipitai dehors pour voir ce qui était arrivé. Une fois dans la rue, je vis les habitants affolés se précipiter hors des maisons.... Seulement alors, je compris que c'était un tremblement de terre.... Chacun restait là muet de frayeur et d'anxiété, attendant ce qui allait se produire.... Il ne se produisit rien heureusement; il n'y eut pas de nouvelles secousses; l'air seul se rafraîchit un peu. »

A tous ces exemples, tirés d'Europe, d'Asie et d'Afrique, prouvant que les phénomènes sonores accompagnent fré-

¹ Burchell, *Voyages dans l'intérieur de l'Afrique méridionale*.

quemment les tremblements de terre, s'en joignent d'autres, plus nombreux encore fournis par l'Amérique. Le mérite de les avoir fait connaître revient à Humboldt, et nous empruntons à l'ouvrage classique de ce grand naturaliste, *Reise in die Aequinoctial-Gegenden des neuen Continents*, les passages suivants :

I, 483. — Récit du tremblement de terre de Cumana en 1797. On y lit : « La secousse, accompagnée d'un bruit souterrain violent, ressemblait, comme à Riobamba, à l'explosion d'une mine située à une grande profondeur. »

II, 272. — Autre tremblement de terre à Cumana, le 4 novembre 1799 : « Des esclaves, y est-il dit, qui puisaient de l'eau d'une citerne profonde de plus de 18 à 20 pieds, dans le voisinage du Rio-Manzanares, entendirent une détonation semblable à un fort coup de canon. Il semblait que le son vint des profondeurs du puits, phénomène curieux quoique habituel aux contrées américaines fréquemment soumises aux tremblements de terre. »

II, 273. — En parlant du même séisme, l'auteur ajoute : « Vers 9 h. du soir, se produisit une troisième secousse bien plus faible que les deux premières, mais accompagnée d'un bruit souterrain très sensible. »

III, 7. — A propos des oscillations du sol dans les vallées du Mississipi, de l'Arkansas et de l'Ohio en 1811, il est dit qu'elles furent accompagnées d'un tonnerre souterrain très considérable.

P. 11. — Récit du terrible tremblement de terre de Caracas, en 1812 : « On croyait déjà avoir échappé au danger, lorsqu'on entendit un bruit souterrain violent, semblable au roulement du tonnerre, quoique plus fort et plus durable que ce dernier, même pendant la saison des orages sous les tropiques. Ce tonnerre fut immédiatement suivi d'une oscillation verticale, etc. »

P. 18. — Même sujet : « Le 27 mars (1812), il y eut

de nouveau des secousses, accompagnées d'un tonnerre souterrain (*bramido*) prolongé et très violent.

P. 22. — « Pendant que la vallée du Mississipi, l'île St-Vincent et la province de Venezuela étaient en butte à ces violentes secousses, on était, le 30 avril, à Caracas, à Calabozo au milieu des steppes et sur les rives du Rio Apure, sur une étendue de 4000 milles carrés, livré à la terreur d'un bruit souterrain rappelant les détonations répétées d'une artillerie de gros calibre. Le bruit commença à 2 h. du matin, il ne fut accompagné d'aucune secousse et, détail remarquable, aussi fort sur la côte qu'à 50 milles dans l'intérieur. Partout, on était persuadé que c'était l'air qui apportait ces détonations et si éloigné de soupçonner leur nature souterraine qu'à Caracas comme à Calabozo ont pris des mesures militaires pour défendre la localité contre l'ennemi qui semblait s'approcher avec une puissante artillerie. M. Palacio, traversant l'Apure en aval d'Orivante, à peu de distance du confluent du Rio Nula, apprit de la bouche des naturels que cette « canonnade » avait été entendue aussi distinctement à l'extrémité occidentale de la province de Varinas qu'au port de Guayra, au nord de la chaîne côtière. »

P. 30. — (Remarque) : « Ce tonnerre souterrain, qui plongea dans l'anxiété les habitants de la ville de Guanajuato au Mexique, dura du 9 janvier au 12 février 1784. L'auteur ajoute que la ville est à 40 milles au nord du volcan du Jorullo et à 60 milles au nord-ouest du Popocatepetl. Dans des localités plus rapprochées de ces deux volcans, à 3 milles de Guanajuato, on n'entendit aucun bruit souterrain. Celui-ci se limita à un espace très restreint, dans une région de schistes primordiaux se rapprochant des schistes de transition qui contiennent les plus riches mines d'argent du monde connu et recouverts à leur tour par des nappes de porphyres trappéens schisteux et de grunstein. »

P. 39. — « Dans les petites Antilles aussi l'ébranlement sismique se limite parfois à une seule île.¹ La grande éruption du volcan de St-Vincent en 1812 ne causa aucun ébranlement à la Martinique et à la Guadeloupe, mais on y entendit, comme dans le Venezuela, un bruit violent formé de détonations, tandis que le sol demeura en repos.

P. 39 encore : Les mêmes détonations, qu'il ne faut pas confondre avec le roulement qui précède partout les secousses même les plus légères, se font entendre fréquemment sur les rives de l'Orénoque et, ainsi qu'on nous l'a assuré sur place, entre le Rio Aranca et le Cuehivero. Le P. Morello raconte que, à la mission de Cabruta, le bruit souterrain ressemblait tellement à une décharge de pierriers (*pedreros*), que l'on croyait entendre le bruit éloigné des projectiles touchant le but. »

P. 40. — « Le P. Gili a décrit les ébranlements qui affectèrent une région entièrement granitique dans la mission d'Encaramada et qui furent accompagnés de détonations violentes. Il s'ensuivit des éboulements considérables au Paurari et, dans le voisinage du rocher d'Aravacoto, une petite île, émergeant de l'Orénoque, disparut. »

III, 24. — « Les détonations qui se font entendre, dans le Nouveau-Monde, jusqu'à 80, 100 et même 200 milles de tout cratère, et cela pendant des journées entières, ne nous arrivent pas apportées par l'air, mais bien par conductibilité dans le sol. Si les éruptions du volcan de Saint-Vincent, du Cotopaxi ou du Tunguragua que l'on entend de si loin se propageaient par l'air, la force du son devrait être en raison inverse de la distance, or l'expérience montre que ce n'est pas le cas. Bien plus : pendant notre traversée de Guayaquil au Mexique, M. Bonpland et moi ren-

¹ Il en est de même dans les îles Ioniennes. Voy. *Froriep's Notizen*, iv, p. 35.

contrâmes des parages où un bruit confus, montant des profondeurs de l'Océan et transmis à nos oreilles par l'eau, effrayait notre équipage. C'était pendant une nouvelle éruption du Cotopaxi et nous étions de ce volcan à la distance qui sépare Naples de l'Etna. On ne compte pas moins de 45 milles du Cotopaxi à la petite ville de Honda, sur les bords de la Magdalena; malgré cela, on entendit à Honda en 1744, lors de la grande éruption de ce volcan, un bruit souterrain pareil aux décharges d'une artillerie de gros calibre. Les moines franciscains répandirent la nouvelle que Carthagène était assiégée et bombardée par les Brittes, et cette nouvelle fut partout accueillie des habitants. »

L'*Allgemeine Zeitung*, n° 252, année 1825, contient l'article suivant : « St-Petersbourg, 19 août. Le 21 du mois dernier on ressentit à Pawlowsk, dans le gouvernement de Woronesch, un tremblement de terre accompagné de bruits souterrains, semblable à une canonnade éloignée. Le Don était agité comme par un orage. Dans les maisons situées au-delà du fleuve tous les meubles furent mis en mouvement. »

Un tremblement de terre avec bruit semblable au tonnerre fut ressenti le 6 avril 1825 à Saldenhofen en Styrie (*Wiener Zeitung*, 23 avril 1825). Un tremblement de terre avec bruit du même genre dût avoir lieu dans les Cordillères vers 1825, ainsi qu'il ressort des journaux de l'époque. L'*Oesterreichische Beobachter*, n° 181, 1825, dit, par exemple : « M. de Humboldt vient de faire part à l'Académie des Sciences de Paris de diverses observations relatives à la constitution du sol de l'Amérique du Sud. Il en ressort que, dans cette partie du monde, les éruptions volcaniques furent réduites au silence déjà lors de la formation des terrains anciens (?) ou de la plus ancienne chaîne de montagne. La masse volcanique en fusion n'en

existe pas moins dans l'intérieur de la terre, ainsi que le prouvent les bruits souterrains entendus de nouveau lors du récent tremblement de terre qui affecta les Cordillères. Mais la croûte terrestre lui oppose une barrière infranchissable. »

Otto de Kotzebue raconte dans son *Voyage de découverte dans le Pacifique et au détroit de Béring* (édition de Vienne, t. 1, p. 160) : « Le jour suivant (p. 37 degrés 27 minutes de latitude sud et 74 degrés de longitude entre la baie de la Concepcion et le Kamtschatka), à 6 h. du soir, nous ressentîmes un curieux ébranlement de l'air et le navire parut trembler un peu. Le bruit ressemblait à un tonnerre lointain, il se renouvela au bout de 3 minutes environ et dura chaque fois quelque chose comme $\frac{1}{2}$ minute. Au bout d'une heure nous ne ressentions plus rien ; il est probable qu'un tremblement de terre avait eu lieu dans ce moment en Amérique, car nous étions à 2 degrés de distance de la terre et le bruit venait distinctement de l'est. » Les *Berliner physikalische Belustigungen* (2^{me} partie, 8^{me} section) font mention d'un tremblement de terre survenu à Londres le 9 février 1750 et accompagné d'une détonation entendue dans l'air.

Le 8 décembre 1753, il y eût à Brest deux fortes secousses accompagnées d'un bruit pareil à la détonation d'un canon tiré dans un espace souterrain voûté.¹

En Suisse, spécialement, les phénomènes sonores ont été fréquemment observés. Dans la seule année 1887, ils ont accompagné, avec des intensités très variables, les séismes suivants :

¹ Cette mention est tirée d'un vieil ouvrage paru à Brême en 1765 et intitulé : *Rècrèations philosophiques, ou comment les vraies coquilles marines sont parvenues sur les plus hautes montagnes ; avec une explication complète des tremblements de terre, etc.* (en allemand).

31 janvier, 4 h. 58 m. du soir, à Davos-Dörfli. Bruit pareil à un roulement.

1^{er} février, 4 h. 57 m. du soir, à Davos-Platz. Bruit faible.

4 février, 5 h. 15 m. du matin, à Oberhittnau (Zurich). Roulement souterrain violent, semblable à celui du tonnerre.

23 février (tremblement ligurien). Tonnerre, roulement sourd ou grondement souterrain, avant, pendant ou après les secousses. Souvent, bruit analogue à celui d'un vent violent, etc. Pour la Suisse seule, 42 relations parlent d'un bruit caractéristique; 15 indiquent formellement son absence. Sur ces 42 relations, 6 indiquent que le bruit précéda le choc; 11, qu'il l'accompagna; 4, qu'il le suivit; 1, qu'il fut tantôt concomitant, tantôt antérieur; 20, ne se prononcent pas sur l'instant de son apparition. Il semble que le bruit ne venait pas de loin, mais qu'il était produit sur place par le choc.

25 février, 2 h. 2 m. du matin. Mouvement ondulatoire avec bruit à Lausanne.

7 mars, 12 h. 34 m. du soir, dans le Domleschg et la vallée de Savien (Grisons). Mugissement souterrain passant à la détonation (Sils).

11 mars, 1 h. 20 m. du matin, à la Tour-de-Peilz (Vevey).

13 mars, 2 h. 25 m. du matin, à Weinfelden et Wigoltingen (Thurgovie).

13 mars, 4 h. du matin, à St-Gall. Roulement souterrain avec secousse faible, plusieurs jours auparavant.

18 mars, 3 h. du matin, à Griesbach et Thayngen (Schaffhouse).

20 mars, 2-3 h. du matin, à Schaffhouse, bruit sans choc.

20 mars, 5 h. 45 m. du matin, à Zweisimmen (Berne).

23 mars (tremblement de l'Oberengadin). A Campfer, bruit rappelant celui d'une avalanche.

7 avril, 6 h. 30 m. et 8 h. 30 m. du soir, à Brigels (Grisons).

9 avril (tremblement de la Haute-Engadine et de l'Oberhalbstein).

23 avril, 0 h. 47 m. du matin, à Lienz, Rüti, Sennwald, Salz, dans le Rheinthal, à Feldkirch et Friedrichshafen. Tonnerre souterrain et mugissement du lac de Constance, quoique le temps fût parfaitement calme. Ça rappelle la *voix* d'Ea, le dieu de la mer.

19 mai, 11 h. 5 m. et 11 h. 15 m. du soir, à Bex, Aigle et Clarens (tremblement sub-alpin).

2 juin, 10 h. 25 m. du matin, à Zweisimmen.

9 juin, 9 h. 13 m. du soir, à Cierfs (Munsterthal, Grisons).

30 juin, 9 h. 30 m. et 10 h. du soir, faible roulement à Zweisimmen.

3 octobre, 1-2 h. du soir, tonnerre souterrain au même endroit. (29 novembre au 6 décembre, 50 secousses avec bruits violents, à Siveric en Dalmatie)

14 décembre, 7 h. 15 m. et 7 h. 25 m. du matin, tremblements dans l'Engadine, l'Albula et le Puschlav. Bruits pareils au roulement prolongé du tonnerre, à des craquements sourds ou au roulement d'une avalanche. Ces termes de comparaison n'ont, du reste, pas grande valeur ; ils sont toujours empruntés aux bruits habituels dans la contrée, de sorte que, d'un pays à l'autre, le même bruit souterrain sera interprété de deux manières bien différentes. C'est une véritable *adaptation locale*. Ici, le bruit accompagna, en général, les secousses. Quelquefois, il les précéda, rarement il les suivit. Sa durée fut le plus souvent considérable.

19 décembre, vers 5 h. 50 m. du soir, dans la vallée du Rhône (Vaud et Berne), à Genève et au Locle.

19 décembre, 11 h. 20-30 m. du soir, à Sion, Bex et Tour-de-Peilz (Vevey).

20 décembre, 4 h. du matin, à Sion.

Ces 3 chocs forment le tremblement *sub-alpin jurassien*, dont la secousse principale fut la première. Un bruit carac-

téristique (d'avalanche, de tonnerre, de hurlements souterrains) fut perçu partout, sauf à Genève, au Locle, à Liddes et à Zweisimmen. Il précéda ou accompagna les chocs. Pas question de bruits qui les eussent suivis. C'est du reste le cas général: les phénomènes sonores sont essentiellement prémonitoires, ce sont bien des *avertissements*. Voici, à ce sujet, les moyennes obtenues pour le tremblement ligurien :

Bruit ayant précédé	l'ébranlement, 14 cas =	48,30 %
» » suivi	» 5 » =	17,25 %
» » accompagné	» 2 » =	6,90 %
Cas douteux	8 » =	27,60 %
		<hr/>
		29 cas = 100,00 %

L'année dernière encore (4 décembre 1893), une secousse de tremblement de terre, ressentie à Romont, Dompierre et Seigneux, à 10 h. 30 m. du matin, était suivie, cette fois, d'un bruit souterrain rappelant un roulement.

Il faut ajouter, en terminant, que, dans bien des cas, le bruit sismique a pu être masqué par le fracas des éboulements d'édifices, ou tout au moins par les craquements que ceux-ci font entendre en pareil cas. Malgré cela, le plus grand nombre des relations font parfaitement la différence et indiquent les bruits souterrains comme quelque chose d'absolument distinct et caractéristique. Ces bruits sont donc un phénomène tout à fait habituel aux tremblements de terre. C'est la conclusion à laquelle on arrive en notant, sur une carte par exemple, les points où l'ébranlement a été accompagné de manifestations sonores: Le nombre des exceptions est infime. Quant à la nature du bruit, nous avons montré qu'on peut y reconnaître tout ce qu'on veut, depuis les craquements les plus mécaniques jusqu'à la voix humaine la plus impressionnante. Il y a là un champ illi-

mité ouvert aux imaginations. L'intensité des bruits est très variable et ne semble dans aucun rapport avec celle de l'ébranlement. Il en est de même de leur durée.

La conclusion que nous devons tirer de cette enquête, et spécialement de sa dernière partie,¹ faite dans un pays civilisé, où les entraînements de l'imagination sont moins à craindre, et portant sur une époque récente, pour laquelle le contrôle est facile, la conclusion, disons-nous, est que les phénomènes sonores, loin d'être rares, constituent, au contraire, l'une des manifestations à la fois les plus habituelles et les plus caractéristiques de l'activité sismique. Leur mention dans le récit d'un cataclysme suffit donc pour établir d'une manière non équivoque le caractère sismique de ce cataclysme. —

Nous venons de citer un grand nombre d'exemples de phénomènes sonores ayant accompagné des tremblements de terre, ou s'étant produits indépendamment d'eux. Il serait facile d'allonger cette liste, mais ce que nous avons dit suffira à prouver que ces phénomènes rentrent absolument dans le *cortège* classique des manifestations sismiques. Cela posé, le dernier avertissement, qui précède immédiatement l'embarquement de Hasis-Adra, dans le texte cunéiforme, n'a plus rien qui doive nous étonner et la *voix* dont il est parlé à la Col II, l. 31, peut, avec beaucoup de vraisemblance, être interprétée, comme l'a fait Suess, dans le sens d'un phénomène sonore d'origine sismique.

II. — PHÉNOMÈNES LUMINEUX.

Nous lisons dans le texte de Halevy :

L. 99. *Les Anunna portèrent des flambeaux*

100. *Par leurs flammes ils incendièrent la terre.*

¹ *Die schweizerischen Erdbeben im Jahre 1887*, thèse de doctorat par C. Tarnutzer, Zurich, 1889.

On se souvient de l'importance que Suess attribuait au rôle des Anunnaki, pour caractériser la nature sismique de la catastrophe diluvienne, lorsque, suivant Haupt, il traduisait :

Col. II, l. 47. *Les Anunnaki apportent (vomissent) des flots ;*
48. *Ils font trembler la terre par leur puissance.*

Il voyait dans ce passage le jaillissement des nappes souterraines poussées hors des alluvions mésopotamiennes par l'onde sismique parcourant le sous-sol rocheux, et il rapprochait ces deux lignes du passage élohiste :

Gen. VII, 11. *Rupti sunt omnes fontes abyssi magnæ.*

Les nouvelles traductions font disparaître les *flots* des Anunnaki, et Halévy remplace l'ébranlement de la terre par son incendie. Que devient alors le rôle des esprits souterrains et comment faut-il interpréter les *flammes* et les *flambeaux* des Anunna ? c'est ce que va nous apprendre une nouvelle consultation de théorie générale des tremblements de terre.

Parmi les phénomènes secondaires qui accompagnent fréquemment les séismes, dit Hørnes,¹ il est un groupe, peu étudié à la vérité, mais en revanche fréquemment observé, c'est celui des manifestations ignées et lumineuses. De nombreux récits de tremblements de terre portent que des *flammes* jaillirent du sol ; d'autres parlent de clartés semblables à des *éclairs* qui eussent accompagné, précédé ou suivi de près les secousses. On a souvent nié la réalité de ces phénomènes, on les a attribués à l'imagination affolée des témoins de la catastrophe ; mais les mentions qui en sont faites sont trop nombreuses pour qu'on puisse les rejeter purement et simplement. Pour ce qui est du jaillissement de flammes proprement dites, il s'expliquerait facilement dans les tremblements de terre volcaniques, soit

¹ *Erdbebenkunde*, p. 113.

par des projections de roches en fusion au moment de l'ouverture d'une fente, soit par la sortie de gaz incandescents ou s'enflammant spontanément à l'air. Nous savons, en effet, que les éruptions volcaniques s'accompagnent souvent de jaillissements d'hydrogène et que ce gaz donne des flammes réelles bien que peu éclairantes. Ces flammes ont été observées à plusieurs reprises et il ne faut pas les confondre avec les apparences de flammes produites dans la colonne de fumée et de vapeurs par les pierres et les scories incandescentes que le volcan projette et par la réverbération des laves. Ces flammes d'hydrogène peuvent fort bien se produire dans les grands tremblements de terre, non seulement dans ceux de la catégorie volcanique, causés par la tension des fluides enfermés dans le magma et cherchant à se dégager, mais aussi dans les tremblements de terre de dislocation ou séismes orogéniques, dans lesquels les fentes qui séparent les compartiments en mouvement de la lithosphère peuvent fort bien, dans certains cas, être assez larges et assez profondes pour permettre de telles émanations.

Parmi les éléments gazeux qui se font jour dans les éruptions volcaniques, dit M. de Lapparent,¹ il faut citer l'*hydrogène* et les *hydrocarbures*. C'est à Torre del Greco, en 1861, que ces gaz ont été recueillis et étudiés par MM. Deville et Fouqué. La lave ayant coulé *sous la mer*, c'est-à-dire dans des conditions qui rendaient impossible l'oxydation de ces gaz combustibles, on put recueillir ces derniers et constater qu'ils étaient formés par un mélange d'hydrogène et de carbure C^2H^4 , dans la proportion de 88,46 %, avec 11,54 % d'acide carbonique.

A mesure qu'on s'éloigne du centre d'éruption, l'hydrogène diminue et l'hydrocarbure augmente. Ainsi l'on trouve :

¹ *Traité de géologie*, 3^e éd., p. 399.

à 1	mètre du rivage,	1	de C^2H^4	pour 3,07 H
à 15	—	1	—	2,70 H
à 200	—	1	—	2,27 H

A Santorin, en 1876, dans les fumerolles les plus chaudes, M. Fouqué a constaté la présence d'une notable quantité d'hydrogène libre, coexistant dans la lave avec l'oxygène également libre, sans doute en vertu de la haute température des laves, qui produisait la dissociation des éléments de l'eau.

Il est juste de rappeler que la présence des hydrocarbures dans les émanations volcaniques avait été devinée, en raison de l'odeur d'huile minérale qu'elles répandent quelquefois, par de Buch, Ferrara, Poulett-Scrope et Hoffmann. Même, d'après Serrao, Dolomieu et Ferrara, on a vu des morceaux de scories, fraîchement rejetés par le Vésuve, offrir des traces reconnaissables de naphte. Quant à l'hydrogène, Bunsen l'avait signalé, en 1846, dans les solfatares d'Islande.

En 1878 et 1879 on a pu constater que l'éruption de l'Etna avait été précédée, neuf mois à l'avance, par d'abondants dégagements de boues chargées de matières salines avec acide carbonique et hydrogène protocarboné, à des températures variables entre 7 et 33 degrés.

L'existence de gaz combustibles dans les fumerolles rend facile à comprendre celle des flammes volcaniques, dont la réalité a été si souvent contestée. Niées par Spallanzani et par Gay-Lussac, ces flammes ont été vues par La Condamine, Humboldt, Boussingault et Bory de Saint-Vincent. En 1750, Soufflot étant descendu avec un Anglais dans le cratère de l'Etna, ils y virent des flammes bleuâtres, qu'ils comparaient à des feux follets. En 1856 et 1859, Verdet observa au Vésuve des flammes analogues à celles que donne la combustion du cyanogène. MM. Deville et Fouqué en ont vu au Vésuvé, à Santorin et à Vulcano.

Enfin M. Janssen a constaté au spectroscope, dans les flammes sortant du lac de Kilauea, la présence du sodium, de l'hydrogène et de composés carburés.

Les flammes sont dues à la combustion de l'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré et des hydrocarbures, qui ont échappé à l'oxydation dans l'intérieur de la cheminée volcanique.

Les manifestations lumineuses dont nous parlons ne sont qu'une partie du nombreux groupe des phénomènes *pseudo-volcaniques*. Ces derniers comprennent, en outre, les projections d'eau, de boue et de sable, dont la liaison intime avec les phénomènes que nous étudions nous oblige à dire quelques mots :

Les tremblements de terre, dit encore M. de Lapparent,¹ en dérangeant l'équilibre des couches meubles et celui des nappes d'eau souterraines, donnent souvent lieu à de véritables éruptions de boue, quelquefois de sable, qui font naître dans le sol voisin des effondrements en forme d'entonnoir. M. Oldham attribue la même origine aux éruptions d'eau qui ont eu lieu dans l'Inde, lors du tremblement de terre de Cachar en 1869 ; ce seraient simplement des projections violentes de nappes souterraines, chassées à travers les fissures du sol et il n'y aurait aucune analogie à établir entre ces éruptions et celles des volcans de boue. En effet, le sol de la province se compose de 10 à 12 mètres d'une argile dure, reposant sur une alluvion saturée d'eau. Lorsque les fentes se produisaient, on en voyait sortir, avec la vitesse d'un projectile d'arme à feu, une poussière sèche, ressemblant à une éruption de fumée ; mais immédiatement après surgissait une boue terreuse, retombant en bourrelet sur les lèvres de l'ouverture.

Le 3 mai 1887, un tremblement de terre, survenu dans la Sonora, au Mexique, détermina une venue consi-

¹ *Op. cit.*, p. 527.

dérable d'eau et de sable, se faisant jour par des fissures dont les bords présentaient une différence de niveau de plus de 2 mètres.

De même, à Charleston, on a observé une sortie de sable micacé.¹ Ce phénomène paraît tout à fait propre à expliquer la formation de certains *dykes* ou filons de sable, qu'on voit traversant les schistes crétacés en Californie, et où les veines de sable, accusées par l'alignement des paillettes de mica, sont disposées parallèlement aux parois, au lieu d'être horizontales, comme elles le seraient si le remplissage était venu d'en haut.

M. Hervé-Mangon a constaté qu'en 1861 et 1862 chacune des secousses ressenties dans l'Europe occidentale s'était traduite par une augmentation dans la proportion des sédiments que contenait l'eau du puits artésien de Passy. Le 14 novembre 1861, jour d'un grand tremblement de terre en Suisse, les troubles du puits de Passy s'élevèrent soudain de 62 grammes par mètre cube à 147 grammes, pour redescendre le jour suivant à 91. M. J. François a également constaté l'influence, la plupart du temps passagère, des tremblements de terre sur les sources thermales des Pyrénées. Il y a cependant des sources dont la température peut être affectée d'une manière permanente par un phénomène de ce genre. Ainsi l'on admet que les sources de Louèche ont gagné 7 degrés et une notable augmentation de débit depuis le tremblement de terre qui a dévasté la vallée du Rhône en 1855. —

Ces phénomènes *pseudo-volcaniques* peuvent, dans un grand nombre de cas, être rapportés aux mouvements superficiels dans un sol alluvionnel contenant des nappes liquides souterraines. Cependant, il y a un certain nombre de récits dont les circonstances ne peuvent s'expliquer

¹ Diller, *Bull. geol. soc. of. America*, 1, p. 441.

qu'en admettant l'ouverture, par suite des mouvements sismiques, de communications filoniennes avec les régions profondes : Pendant les tremblements de terre qui dévastèrent les Abruzzes de 1702 à 1703 et détruisirent presque entièrement la ville d'Aquila, on vit s'ouvrir près de cette ville plusieurs gouffres à travers lesquels de l'eau et des pierres étaient projetées en telle abondance que les champs d'alentour en furent recouverts et durent être abandonnés. Les jets d'eau dépassaient les arbres les plus élevés et en même temps il s'élevait des montagnes voisines des *flammes* et d'épaisses vapeurs. — Lors du tremblement de terre de Cumana, le 14 novembre 1797, des flammes jaillirent sur les rives du Manzanares et dans le golfe de Cariaco ; on assure même que ce phénomène se serait répété souvent au Vénézuëla. Pendant le grand tremblement de terre de Lisbonne, on vit de même sortir d'une crevasse nouvellement formée dans le rocher d'Alvidras des flammes et des colonnes de fumée. Ces dernières étaient d'autant plus épaisses que le bruit souterrain était plus fort. Lors du tremblement de terre de la vallée de la Magdalena en Nouvelle-Grenade, le 16 novembre 1827, un grand nombre de fentes exhalèrent de l'acide carbonique.¹

Les dégagements de flammes dans les tremblements de terre sont donc un phénomène qui a été souvent décrit, mais il est évident que dans un grand nombre de cas les observateurs ont pu être victimes d'une illusion d'optique. Ces illusions se produisent très facilement, comme en témoigne l'exemple suivant rapporté à J. Schmidt :² « Le 18 janvier 1862, à 3 ¹/₄ h. après midi, il y eut à Delphi un grand éboulement de rocher. La chute de tout un pan

¹ C. F. Naumann, *Lehrbuch der Geognosie*, I, 239, 240.

² *Studien über Vulkane und Erdbeben*, II, 83.

de dalles et de blocs rendu très foncé par l'action des agents atmosphériques mit subitement à nu la couleur rouge orangé de la roche fraîche. Cet escarpement rougeâtre était en outre éclairé pendant quelques instants par le soleil, au-dessus des nuages qui se trainaient au pied de la montagne. Cet ensemble de circonstances faisait un effet extraordinaire, et j'eus un instant l'impression terrifiante qu'une gerbe de flammes entourée de vapeurs jaillissait du sommet de l'escarpement. Il n'en était rien, toutefois, et les apparences de vapeurs pouvaient très bien être produites par la pluie, par l'évaporation de l'humidité qui recouvrait la roche ou par la poussière des blocs qui, en tombant, se brisait contre les parois. Quoiqu'il en soit, plusieurs autres personnes eurent en même temps que moi cette impression peu rassurante. »

Un autre genre de manifestation lumineuse dont il est fait mention dans un grand nombre de récits de tremblements de terre, ce sont les *clartés* subites qui revêtent souvent l'aspect d'un *éclair*. G. Schueler, dans son rapport au ministère de l'intérieur de Valachie sur le tremblement de terre du 11 janvier 1838, en mentionne un certain nombre : « On les a observées en plusieurs endroits, à Buseo, à Ardschisch et à Bucharest. Elles ressemblent tantôt à des rayons de feux, tantôt à des boules de feux ; elles accompagnent souvent les tremblements de terre et doivent être attribuées la plupart du temps à l'action de l'électricité. »

E. Kluge¹ cite un certain nombre de cas où des clartés de ce genre ont été observées en relation avec des tremblements de terre : Le 17 janvier 1850 il y eut à Borgotaro, à 11 h 55 minutes du soir, une forte secousse ondulatoire accompagnée d'un bruit sourd et d'un éclair très

¹ *Ueber die Ursachen der in den Jahren 1850-1857 stattgefundenen Erderschütterungen*. Stuttgart, 1861. P. 112 et 113.

vif. Le même phénomène se reproduisit le 19, peu après 10 $\frac{1}{2}$ h. du soir, par un temps très clair.

Une clarté très vive, mais de peu de durée, traversa le ciel avant le grand tremblement de terre de Dalmatie du 13 avril 1850.

Le tremblement de terre de Borgotaro du 25 février 1850 fut de même précédé, à 9 $\frac{1}{2}$ h. du soir, par un violent éclair et un bruit souterrain.

Le 8 mai, à 3 h. du matin, les parties supérieures du Wynen-Thal et du Suhren-Thal (canton d'Argovie en Suisse) furent ébranlées par une secousse accompagnée d'un bruit pareil à l'écho d'une canonnade lointaine. Dans le canton de Soleure, à Olten, Ober-Gösgen et Lostorf, on entendit seulement un bruit semblable au tonnerre, précédé d'une clarté dans le genre d'un éclair. Le bruit semblait venir de l'est et la clarté apparut au nord-est. Dans la vallée de la Limmat et dans tout le Wehn-Thal, on observa seulement une clarté qui dura plusieurs minutes et fut accompagnée de deux détonations violentes.

Lors du tremblement de terre d'Alger, le 21 août 1856, on observa sur quelques points de véritables éclairs dans le ciel.

Un récit du terrible tremblement de terre qui désola l'île de Candie, le 12 octobre 1856, s'exprime comme suit : « Le témoignage de nombreuses personnes qui se trouvaient en divers points de l'île, en mer ou près de la côte, met hors de doute qu'il se produisit avant et pendant la catastrophe une clarté toute spéciale. Elle eût été de couleur rouge et eût présenté une sorte de vibration et de scintillement. Tous les témoins assurent que cette clarté ne pouvait aucunement être confondue avec un éclair et qu'elle ne se renouvela pas. »

Lors du même tremblement de terre, on aperçut à Malte, avant la catastrophe, une lueur rougeâtre dans le ciel.

De même, le tremblement de terre de Smyrne, le 3 mars 1857, à 11 $\frac{1}{2}$ h. du soir, fut précédé d'une vive lueur dans le ciel et d'un bruit particulier dans l'air.

Le 6 avril 1857, à 10 h. 24 m. du soir, un tremblement de terre violent se produisit à Bandaneira et à Gross-Banda, qui fut ressenti aussi aux îles Rosengain, Ory, Rhum et Pisang. Quelques personnes remarquèrent une lueur accompagnée d'un bruit sourd.

Griesbach¹ relate un fait de nature un peu différente et ses observations doivent être rapportées, parce que, depuis lors, il n'en a pas été fait de nouvelles à ce sujet : « Dans plusieurs tremblements de terre, dit-il, on prétend que des flammes jaillirent du sol ou que des éboulements de rochers en furent accompagnés. Or, de tous les récits que j'ai recueillis dans la chronique, un seul, relatif au tremblement de terre du 13 août, mentionne un fait de ce genre. Les habitants de Tacua et d'Arica virent, le soir de ce jour, le ciel éclairé pendant un moment d'une lueur assez forte. On crut à l'éruption de l'un des volcans des Andes, et les journaux américains discutaient lequel cela pouvait être. Or, en fait, aucun de ces volcans n'avait eu d'éruption; il faut donc chercher ailleurs la cause de cette lueur. Cette cause peut être mécanique, car on sait que le déchirement, la pulvérisation et, en général, la division des solides, sont capables de produire des lueurs parfois même très vives. Il en est de même de la réunion violente des particules sous l'influence d'une forte pression.² Je rappellerai seulement les étincelles qui jaillissent lorsqu'on brise certaines pierres dures ou qu'on les frappe l'une

¹ *Die Erdbeben in den Jahren 1867 u. 1868*. Mittheil. d. k. geogr. Gesell. in Wien, 1869. In Hørnes, *l. c.*, p. 115.

² On sait, d'autre part, que la condensation des matériaux cosmiques les porte à une température très élevée et que c'est la cause unique de l'incandescence des étoiles.

contre l'autre, les lueurs assez vives que projette le sucre, etc. Lors donc que tout un ensemble de couches rocheuses se brise et s'éboule, il est naturel que cela produise des phénomènes lumineux parfois même très intenses. L'exemple de nombreux éboulements de rochers ou de glissements de terrain est là pour nous prouver qu'il en est bien ainsi. Par exemple, l'éboulement de Goldau en 1806, par les frottements énormes qu'il engendra, produisit une chaleur telle que l'humidité de la roche fut transformée en vapeur dont l'expansion projeta dans les airs comme un coup de mine tout le banc de nagelfluh. A ce moment, on observa une violente lueur. Il n'y a pas jusqu'aux chutes de glaciers qui produisent parfois de ces éclaircissements subits. Ce fut le cas, par exemple, lors de la chute du Bies-Gletscher, dans le Gorner-Vispthal, en 1819. Il est très possible que la lueur observée à Tacua, le 13 août 1868, provienne de quelque chose d'analogue. On observa d'ailleurs, lors de ce même tremblement de terre, une très grande quantité d'électricité dans l'air, au point que, au moment de la catastrophe, des étincelles se dégageaient des cheveux et des vêtements. Si cela est vrai, il faut en rapprocher l'opinion de M. Pretzner à Lima, qui attribue le grand phénomène lumineux du 13 août au soir à l'influence de cette électricité. Il reste toujours possible d'ailleurs que cette clarté ait dû son origine à un météore quelconque. »

Ici encore il serait facile d'allonger la liste des phénomènes lumineux observés en relation avec les tremblements de terre. Les exemples cités suffiront pour établir l'intimité de la relation qui lie les manifestations lumineuses aux actions sismiques. Cela posé, l'énoncé des premières, dans le texte chaldéen révisé, est loin d'exclure du déluge l'intervention des dernières, au contraire. Que l'on considère donc les Anûnnaki comme *apportant des flots*, selon l'ancien texte, ou comme *vomissant des flammes*, ou

brandissant des torches, d'après les versions récentes, le caractère sismique de leur action et de l'évènement tout entier subsiste et l'interprétation de Suess demeure dans son intégrité. —
