

pression considérable, mais elle éclate parfois au moment même où on lâche la vapeur. Cet effet est entièrement analogue à celui que produit la vapeur dans les volcans en activité.

Un grand nombre des tremblements de terre violents et souvent très-longs qu'on a pu observer, appartiennent à la catégorie des tremblements de terre volcaniques.

Le 24 décembre 1866, on ressentit un tremblement de terre de force moyenne dans le groupe des îles Açores et surtout à Serreta. Le 2 janvier 1867, il s'en présenta un second, et à partir de ce moment on ressentit journellement plusieurs chocs. Les volcans connus de ces îles restèrent cependant tranquilles et n'offrirent pas de changements, de sorte que les tremblements de terre ne parurent pas occasionnés par eux. Il y eut aussi une période de repos qui dura depuis le 15 mars jusqu'au 15 avril; mais alors les secousses reparurent et devinrent plus fréquentes et plus fortes, de sorte qu'on put en compter environ 100 par jour dans la dernière quinzaine de mai. A partir du 25 mai, la terre semblait ne plus pouvoir se remettre au repos tant elle oscillait d'une manière continue. Le 1<sup>er</sup> juin il y eut un choc formidable et le soir de la même journée une éruption sous-marine se fit entre l'île de Terceira et celle de Graciosa, à 67 kilomètres environ de Serreta, où le tremblement de terre s'était fait sentir le plus vivement. L'éruption fut accompagnée de tremblements de terre plus faibles et qui avaient perdu leur violence dès son début. Le 7 juin l'éruption était achevée et l'on ne ressentit plus, dans le courant du mois, que quelques secousses isolées, de plus en plus faibles et de plus en plus distantes. Du 27 juin au 18 août, le sol resta complètement en repos. Il y eut encore une fois, à cette dernière date, une secousse assez violente et cette secousse termina le tremblement de terre.

Le 11 février 1868 de violents tremblements de terre furent ressentis dans une contrée volcanique de l'Amérique centrale, la baie de Fonseca. On avait compté déjà 200 chocs jusqu'au 17 février. Le volcan Coseguina, qui est rapproché de la contrée où l'on avait senti le tremblement de terre, n'avait présenté rien de particulier. A partir de la date citée les ébranlements du sol furent si nombreux qu'on ne put plus les compter. Alors, le 28 février, on s'aperçut que le Conchagua, montagne située vis-à-vis de Coseguina sur une pointe opposée de la baie, entra en éruption. Cette montagne paraît être un volcan ancien, qui n'avait pas été en activité depuis la découverte du pays et qui n'était par conséquent pas considéré comme tel.

Tant que dura l'éruption, le tremblement de terre continua en diminuant de plus en plus d'intensité.

Le gigantesque volcan Mauna-Loa est toujours en activité, quoique les grandes éruptions ne s'y produisent que de temps en temps. L'île Hawaï dans laquelle il se trouve est assez fréquemment agitée par des tremblements de terre, comme tout le groupe des îles Sandwich. Mais les tremblements de terre de 1868 y étaient tout à fait insolites par leur nombre et par leur violence. Ils commencèrent le 27 mars, et dans l'espace de dix jours, il y eut plus de deux mille secousses : un village fut détruit et plusieurs centaines de personnes perdirent la vie. Bientôt après, l'une des plus terribles éruptions du Mauna-Loa commença. Le choc terrestre le plus fort se fit sentir le 2 avril : hommes et animaux étaient renversés et lancés comme des balles de caoutchouc. Une masse énorme de rochers se détacha près de Kapapola et recouvrit une grande étendue de terrain. Les secousses étaient aussi très-violentes le 4 avril, au moment où d'énormes masses de lave s'écoulaient du volcan. Le terrain se crevassait en mille endroits et la boue sortait en si grande abondance de ces crevasses, qu'un village entier avec tous ses habitants fut englouti. La mer se retira de la côte puis revint pour inonder et dévaster le pays. A Hilo, qui avait été le plus exposé, le sol n'entra en repos qu'au bout d'une année. Les chocs s'y succédaient rapidement et beaucoup de jours étaient marqués par des secousses violentes.

Dans le Kobistan, province du Caucase, un volcan nommé Degneh, qui n'avait point été observé jusque-là et qui paraissait éteint, entra en éruption le 11 août 1866. La lave, dit-on, s'épancha par plus de cent cônes éruptifs et se répandit, en même temps que des torrents de boue, sur les contrées voisines. Pendant l'éruption, le pays situé entre Zurnabad, Tiflis et Elisabethpol. fut agité par des tremblements de terre. Ces tremblements devinrent encore plus fréquents lorsque l'éruption eut cessé et agitèrent surtout le sol de la Schemacha qui n'est située qu'à 52 kilomètres du volcan. Les mois de janvier, mars et juillet de 1872 furent encore remarquables par les ébranlements terrestres qui se produisirent dans la contrée.

#### TREMBLEMENTS DE TERRE NON VOLCANIQUES.

On ne peut pas plus douter de l'existence des tremblements de terre non volcaniques que de celle des tremblements de terre volcaniques : mais ceux-là sont produits par des causes



si diverses que chacun d'eux mérite d'être examiné et nécessite une explication particulière, bien que la cause soit en définitive toujours la même.

*La cause de tous les tremblements de terre non volcaniques consiste toujours en mouvements mécaniques de certaines portions de la masse solide du globe, comme affaissements, dérangements ou glissements des couches, changements dans l'équilibre de certaines portions de roches, etc., etc. Tout ce qui peut donner naissance à de tels changements peut aussi provoquer des tremblements de terre.*

Dès qu'une couche profonde, recouverte par une autre couche, s'affaisse subitement, ce mouvement subit se transmet à travers les couches recouvrantes et se traduit par un choc à la surface de la terre.

On peut imiter les effets d'une pareille action en suspendant une pierre, qui représentera une couche de roches, de telle façon qu'un de ses côtés s'appuie sur la terre et que l'autre soit suspendu un peu obliquement, par un fil, à une faible hauteur. Si l'on coupe vivement le fil, il y aura un affaissement rapide comme il s'en produit dans l'intérieur de la terre; la pierre s'affaissera jusqu'à ce qu'elle choque la terre. Si auparavant on a placé sur cette pierre toutes sortes d'objets, les uns reliés solidement, les autres simplement posés dessus, ces objets éprouveront, au moment où la pierre touchera terre, tous les effets que l'on remarque à la surface du sol après des tremblements de terre. On peut de cette façon reproduire à volonté les phénomènes les plus variés de ces tremblements.

Des affaissements semblables se produisent souvent dans les couches terrestres et sont le résultat des causes les plus diverses.

Il n'est point possible d'énumérer ici le grand nombre de causes qui peuvent produire des affaissements dans l'intérieur du sol et donner ainsi naissance à des tremblements de terre; nous sommes obligé de n'en signaler que quelques-unes, celles qui se présentent fréquemment et qui sont universellement répandues.

L'eau qui circule partout dans l'intérieur de la terre donne fréquemment naissance à des mouvements de parties internes et à des glissements de couches. Elle dissout dans sa marche souterraine des principes de toutes les roches, avec lesquelles elle se met en contact, d'après leur degré de solubilité. Les substances dissoutes sont transportées par l'eau, et lorsqu'elle se fait jour à la surface de la terre, comme source, on peut

y retrouver les éléments solubles de toutes les roches qu'elle a traversées. Ce fait peut être remarqué facilement et au bout de peu de temps lorsque les roches sont très-solubles, comme le sel marin, le gypse ou la chaux. Les sources amènent sans cesse ces substances (dont on peut facilement calculer les proportions) à la surface de la terre, où elles sont en partie déposées et en partie transportées dans la mer par les rivières et les fleuves.

Tout l'espace occupé primitivement dans l'intérieur de la terre par ces roches se vide peu à peu; les couches de calcaire, de gypse et de sel marin deviennent de plus en plus minces. Les couches supérieures perdent ainsi leur soutènement et s'affaissent à cause de leur pesanteur. Lorsque cet affaissement ne se fait pas graduellement et d'une manière continue comme la dissolution qui a lieu sous eux, et que les couches supérieures sont encore protégées par des soutiens ou retenues en certains endroits, ces couches restent suspendues jusqu'à ce que les soutiens soient devenus trop faibles pour résister à leur charge; l'affaissement se fait alors subitement ou par soubresauts et donne naissance à un tremblement de terre qui pourra se répéter, à la même place, lorsque l'eau aura reproduit les mêmes effets. Un affaissement unique peut produire plusieurs secousses, parce qu'il ne se fait pas en une fois, et que les couches, retenues latéralement par les roches voisines ou par d'autres obstacles, ne glissent que par saccades jusqu'à ce qu'elles aient retrouvé une nouvelle base solide.

Les sources salines du Rhin supérieur ont ainsi produit à diverses reprises des tremblements de terre aux environs de Bâle. Depuis le *XI*<sup>e</sup> siècle, on a compté 127 tremblements de terre dans cette contrée. — Les sources salines du Valais et les thermes de Louèche produisent fréquemment des tremblements de terre dans la partie de la vallée du Rhône qui traverse ces pays. Le plus considérable des tremblements de terre de cette contrée eut lieu en 1855 et 1856, aux environs de Visp. — Ce sont probablement des causes analogues qui rendent les tremblements de terre si fréquents dans les régions alpines calcaires et dans les chaînons secondaires, comme on l'a observé récemment à Laibach, Nassenfuss, Kundl, Belluno. On ne peut point toujours démontrer l'existence des sources qui ont produit ces tremblements de terre, car elles s'éloignent quelquefois bien loin de l'endroit où elles ont puisé les matières solubles, avant de paraître au dehors sous forme de sources.



L'eau qui pénètre dans la terre donne aussi lieu fréquemment à des tremblements, sans même dissoudre d'éléments solubles. Elle rencontre souvent des couches, surtout des couches argileuses, qui s'imbibent d'eau, se ramollissent et deviennent pâteuses. Les couches supérieures compriment ces masses devenues molles et mobiles. Lorsque les couches sont inclinées, les supérieures glissent sur les inférieures et descendent; lorsque les couches sont horizontales, les supérieures compriment les inférieures et les forcent à entrer dans les vides qui se présentent, de sorte que les supérieures finissent par s'affaisser.

Le 21 janvier 1867, une grande étendue de terrain du village de Feternes, en Chablais, devint mobile et glissa sur la pente. Ce déplacement fit naître une grande crevasse qui divisa le village de Planta en deux moitiés séparées. Beaucoup de maisons tombèrent en ruines et les arbres, ainsi que d'autres objets, disparurent dans l'abîme. — Une montagne située près de Porezkoje, dans le gouvernement de Simbirsk, fut considérablement crevassée par un tremblement de terre très-léger, le 27 mai 1865 : la partie supérieure de cette montagne glissa, par saccades, jusqu'au fond de la vallée, et un grand nombre des maisons qui s'y trouvaient furent complètement détruites.

On conçoit que dans les cas de ce genre, la coïncidence que l'on prétend avoir observée entre les grandes pluies et les tremblements de terre puisse se réaliser, puisque la pluie pénétrant en grande abondance dans les couches terrestres, en met quelques-unes dans un état favorable aux déplacements. L'événement du 21 janvier 1867 eut lieu à la suite de pluies prolongées outre mesure, et celui du 27 mai 1865 se fit après un grand orage. Les habitants des contrées basses du Pérou ne se trompent probablement pas, lorsqu'ils redoutent la saison des pluies tropicales comme favorisant les tremblements de terre. Si la statistique démontrait, comme on le suppose, une relation particulière des saisons, surtout du printemps et de l'automne, avec les tremblements de terre, on pourrait expliquer facilement cette relation par la richesse plus considérable de ces saisons en pluies.

Les pluies et l'humidité prolongées peuvent favoriser de cette façon des tremblements de terre, mais seulement dans les contrées qui présentent les conditions nécessaires à cet effet. Dans ces cas l'eau ne provient pas toujours de l'atmosphère, mais elle est souvent contenue dans la terre même.

Une source considérable du Cernans, montagne du Jura français, avait disparu depuis plusieurs années; tout à coup la montagne s'écroula parce que la source en avait graduellement miné la base.

Il arrive fréquemment, sur les côtes, que des couches faciles à ramollir se terminent sous la surface de l'eau. L'eau du lac ou de la mer y pénètre et les ramollit, de sorte que, par leur poids, les couches supérieures les expriment sous forme de boue et s'affaissent ensuite. Lorsque le ramollissement d'une de ces couches s'accomplit graduellement, les effets se répètent et le voisinage est souvent ébranlé par des tremblements de terre. Il n'est point impossible que les tremblements de terre qui ébranlèrent le lac de Garde, depuis le mois de mai 1866 jusqu'en 1870, aient été produits par une couche semblable située sous le mont Baldo. Les secousses portaient de ce mont et la rive méridionale du lac s'affaissa peu à peu, de façon que l'hôtellerie de la Porta Vecchia, de Desenzano, qui était près du lac, s'enfonça jusqu'à mi-hauteur dans l'eau.

Lorsque les masses ramollies ne se trouvent pas au voisinage d'un lac ou d'une mer où elles puissent s'épancher, elles sont exprimées à travers les fissures des roches. Les masses de boue qui furent ainsi exprimées à travers les crevasses pendant les tremblements de terre du Pérou, en 1868, de Californie, en 1865, et d'autres endroits encore, n'ont pas d'autre origine. Lorsque la pression est très-forte, l'eau et la boue enfermées jusque-là dans les profondeurs de la terre peuvent être expulsées avec violence sous forme d'une colonne puissante, comme nous l'avons déjà fait remarquer pour beaucoup de tremblements de terre.

On est généralement porté à considérer les roches qui s'altèrent si facilement à la surface de la terre, comme inaltérables, lorsqu'elles sont soustraites aux influences atmosphériques. Mais rien de ce qui existe n'est inaltérable, ni infini dans sa durée.

Les réactions chimiques se produisent dans les plus grandes profondeurs; rien ne leur est inabordable, rien ne peut leur résister à la longue, mais leur action est souvent obscure et très-complexe.

Sous l'influence de ces réactions chimiques il se produit beaucoup d'occasions d'affaisements ou de déplacements subits dans l'intérieur de la terre. Nous n'en voulons citer comme exemples, que quelques-unes, facilement compréhensibles.

Les couches de houille sont formées par des plantes dépo-



sées pendant les premières périodes géologiques et qui ont été soustraites à la putréfaction et à la destruction, parce qu'elles avaient été recouvertes par des éboulis ou par de la boue et avaient été ainsi soustraites aux influences atmosphériques. Par une transformation lente et incomplète ces végétaux ont formé la houille.

Mais cette transformation ne s'est jamais arrêtée complètement dans la houille et elle se continue encore actuellement. Elle métamorphose peu à peu la substance végétale, comme du reste tous les produits organiques, en substances gazeuses qui en partie s'assemblent dans les fissures et les cavités des terrains houillers, et en partie s'échappent lentement à travers les roches dans l'atmosphère.

Plus la décomposition avance, et plus la substance végétale diminue et se rétrécit de façon que les couches supérieures finissent par s'affaisser. Lorsque cet affaissement a lieu subitement ou par saccades il produit un tremblement de terre.

L'effet de ces transformations de la houille devient extraordinairement remarquable dans les pays où le terrain houiller est développé et où les couches de houille minces ou puissantes sont superposées en grand nombre. On doit donc s'attendre à de nombreux tremblements de terre dans les contrées ainsi constituées; ces tremblements de terre sont toutefois rarement violents parce que l'affaissement est ordinairement lent et régulier.

Pendant le mois de mai 1869, il y eut des secousses à Charleroi, district houiller de la Belgique : la terre fut crevassée en beaucoup d'endroits et l'on put constater de nombreux affaissements du sol. Tous ces phénomènes ne se produisirent que dans le district houiller. — Un affaissement semblable se produisit le 13 août 1869, à Kohlscheid, près d'Aix-la-Chapelle, dans le district houiller qui se trouve sur la limite de la Belgique et de l'Allemagne : plusieurs maisons furent lézardées et l'église du village fut compromise. Le phénomène se répéta à plusieurs reprises au même endroit, et plus tard sur d'autres points du territoire, par exemple à Herzogenrath et à Aix, le 18 septembre, puis le 2, 15, 19, 20, 22, 25 et 31 octobre 1873. Nous avons déjà cité des tremblements de terre qui se sont produits à des époques antérieures aux environs d'Aix : ils démontrent que ce terrain houiller est souvent sujet à des accidents de ce genre. — On a aussi remarqué dans ces dernières années que des mouvements semblables se produisaient dans les contrées houillères de la Ruhr. Les mouvements ter-

restres étaient à peine sensibles à Essen, mais les affaissements, qui durent depuis le mois d'avril 1867, fissurèrent les maisons, et l'on vit dans les rues, surtout dans la Bahnhoistrasse, une multitude de fentes étroites et un certain nombre de crevasses assez larges.

Quoique ces phénomènes puissent se produire dans tous les terrains qui contiennent de la houille, ils se présentent cependant plutôt dans ceux où la houille est exploitée. Ces exploitations qui mettent nécessairement l'air en rapport avec les couches houillères, en favorisent la décomposition, comme le démontrent ces grandes accumulations de gaz qui donnent si souvent naissance à de terribles explosions.

Des phénomènes tout à fait analogues se présentent aussi dans des contrées non houillères. Les dépôts récents d'éboulis ou de boue sont très-volumineux parce qu'ils contiennent une grande proportion d'eau combinée et de matières organiques en décomposition. Lorsque ces couches sont recouvertes par des couches plus modernes, il s'y produit des changements lents mais continus. L'eau s'évapore peu à peu, les matières organiques disparaissent par la putréfaction et la masse qui reste est comprimée et condensée par la pression qu'elle supporte. Les couches les plus puissantes deviennent ainsi, avec le temps, de plus en plus minces et de plus en plus denses, et les couches supérieures produisent des tremblements de terre, lorsqu'elles s'affaissent par saccades. C'est pour ce motif que les chocs terrestres ne sont pas très-rares dans certaines contrées formées de dépôts très-récents.

Ces phénomènes sont moins remarquables dans les contrées à roches anciennes, compactes et pauvres en matières organiques. Par contre ces roches renferment souvent des substances minérales susceptibles d'être transformées en gaz par des réactions chimiques, ou de passer par d'autres réactions de l'état insoluble à l'état soluble et d'être alors dissoutes et enlevées par l'eau. Des affaissements locaux et des tremblements de terre peuvent naître ainsi partout où il se produit des pertes de substance dans l'intérieur de la terre.

Quelle que variées que soient les causes produisant les tremblements de terre non volcaniques, elles reposent toutes sur des changements dans la structure interne du globe, et sur des mouvements mécaniques, comme glissements et affaissements. C'est pour cela que nous avons tant d'exemples de tremblements de terre violents, accompagnés d'affaissements visibles et quelquefois très-considérables à la surface de la terre. Mais