

Fernand de Montessus de Ballore, à la naissance de la sismologie moderne

Hervé Le Ferrand,
Institut de Mathématiques de Bourgogne, Université de Bourgogne, Dijon
& Martine Le Ferrand



Figure 1: Fernand de Montessus vers 1906, avec évocation des mesures sismiques
(image du colloque scientifique tenu à Valparaiso en 2006 en son honneur, et en commémoration du centenaire du tremblement de terre de 1906 dans cette ville).

I- INTRODUCTION

Fernand de Montessus de Ballore (1851-1923) est considéré comme un des précurseurs de la sismologie moderne. On lui doit une importante production scientifique dans ce domaine (voir [5], [14], [23]) : il a notamment établi, par des relevés rigoureux et nombreux, que les tremblements de terre étaient en relation avec la géologie et non avec les phases de la lune ou les volcans souterrains comme on le supposait au début du XX^e siècle. Officier de l'armée française, alors en garnison à Nîmes, il écrit en 1886 au scientifique genevois Louis Soret (1827-1890), qui fait partie de la commission suisse chargée d'étudier les séismes dans ce pays. Auparavant, Montessus avait été, de 1881 à 1885, chef de la mission militaire française de la République du Salvador, terrain d'observation de phénomènes

naturels, séismes et éruptions volcaniques. De 1887 à 1892, il sera directeur des études à l'École polytechnique.

C'est l'analyse de cette lettre à Soret qui fait l'objet de notre article.

@@@@@@

Précisons la nature des travaux de Fernand de Montessus dans le foisonnement des travaux en sismologie en cette fin du XIX^e siècle, comme la construction de modèles physiques de la Terre, l'application de la thermodynamique, les études d'ondes sismiques... Jean-Paul Poirier écrit ([21]) :

La Géographie sismique, dont le pionnier fut Montessus de Ballore au tout début de ce siècle, est maintenant bien connue et l'on sait que les foyers de grands tremblements de terre se répartissent le long des zones de faiblesse de l'écorce terrestre [...]

On peut donc utiliser l'expression *Géographie sismique* pour qualifier le domaine des premiers travaux de Fernand de Montessus. Il publiera d'ailleurs en 1906 un ouvrage intitulé *Les tremblements de terre : géographie séismologique* [16].

Quelle est la démarche de Fernand de Montessus pour étudier les séismes ? Dans son ouvrage *Tremblements de terre et éruptions volcaniques au Centre-Amérique depuis la conquête espagnole jusqu'à nos jours* ([15], page 38), il explique :

Quant au catalogue en lui-même, chaque événement y est étudié pour son compte et d'une manière infiniment plus complète et plus sûre que dans mon premier essai [...] grâce aux nombreux documents que j'ai pu me procurer à mon retour en France et qui m'avaient fait défaut au Salvador. C'est donc dans le détail que l'on trouvera l'influence des causes géologiques, topographiques et autres de tout ordre, sans qu'il me soit possible d'en faire un exposé didactique.

Je crois avoir ainsi mieux servi les intérêts bien compris de la science, qu'en me hasardant à embroussailler le terrain des connaissances humaines de quelque nouvelle théorie sismique, plus ou moins séduisante et superficielle, et dont on aurait bientôt pu demander comme de tant d'autres et où sont les neiges d'antan ? J'ai donc patiemment dépouillé à peu près tout ce qui a été écrit sur le Centre-Amérique par les voyageurs et les historiens, et compulsé les archives du Salvador, et la collection presque complète des journaux de la région depuis 1847, époque de l'apparition de la presse dans le pays, jusqu'à nos jours. Je n'ai point oublié les grands catalogues des Mallet, des Perrey,

etc..., ni la littérature sismologique ; mais celle-ci moins complètement encore que je ne l'eusse désiré. A cette masse de matériaux, discutés et rangés par ordre chronologique, j'ai ajouté le stock de mes propres observations.

La méthode de Fernand de Montessus est claire : il recueille des données sur les tremblements de terre dans les archives et par le biais de différents témoignages, et mène directement sur le terrain ses propres observations. Il construit ainsi un ensemble de données qu'il nomme *catalogue*¹. Ces catalogues lui permettent d'une part de dresser des cartes des zones sismiques, et d'autre part d'établir des statistiques pour valider ou infirmer certaines hypothèses.

Ses premières publications, ou communications, scientifiques datent du milieu des années 1880. En 1884, alors qu'il est en mission au Salvador, est publiée une première note dans les *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, numéro 98, pages 761-762 : « Sur les lueurs crépusculaires observées à San-Salvador (Amérique Centrale) ». Elle est suivie rapidement de deux autres notes en 1885. Notamment, dans le numéro 100 des *Comptes Rendus*, pages 1312-1315, paraît : « Sur les tremblements de terre et les éruptions volcaniques dans l'Amérique centrale ». Cette note est un extrait d'une lettre, datée du 5 Mars 1885, que Fernand de Montessus a envoyée à Alfred Cornu². Ce courrier accompagne l'envoi d'un ouvrage, sans doute, *Temblores y erupciones volcánicas en Centro-América* publié au San-Salvador en 1884, écrit sur 246 pages. Il y a d'ailleurs une analogie entre cette lettre et le courrier adressé à Louis Soret : dans les deux cas, Montessus décrit ses activités au Salvador mais fait part aussi de ses réflexions sur les liens supposés entre tremblements de terre et phénomènes météorologiques. Dans la lettre de 1885 à A. Cornu, Fernand écrit :

Dès mon arrivée dans ce pays, il y a quatre ans, j'étais frappé et de la fréquence des tremblements de terre et de la facilité avec laquelle les gens du pays se permettaient de les annoncer à l'avance, en basant la plupart du temps leurs affirmations sur des données météorologiques. Je pensais dès lors qu'il serait facile de donner un lien scientifique à cet ensemble de suppositions et cela d'autant plus que nombre de personnes ayant habité les

1. Fernand de Montessus a fait don à la Société de Géographie de Paris, vers 1906, d'un catalogue recensant plus de 170 000 tremblements de terre. Ce catalogue qui se trouve à présent dans les collections de la Bibliothèque Nationale de France a été égaré un temps puis retrouvé. Concernant ces péripéties, on consultera [14].

2. Alfred Cornu, 1841-1902, polytechnicien, est un physicien français. Il est élu membre de l'Académie des Sciences en 1878.

diverses parties de l'immense côte du Pacifique (Chili, Pérou, Equateur, etc.) préconisaient les mêmes règles de prévisions. Je me mis donc à l'oeuvre, compulsant tous les documents possibles, mais en me limitant à la région comprise entre les deux isthmes de Panama et de Tehuantepec. Je fus vite désabusé et convaincu que, s'il y avait une relation entre les phénomènes météorologiques et les tremblements de terre, il fallait tout d'abord en éliminer ceux qui résultent des éruptions volcaniques, et souvent la distinction en est presque arbitraire, avec ceux qui se localisent et paraissent en être tout à fait indépendants. On comprendra que cela soit d'autant plus difficile que l'Amérique centrale possède trente volcans [...]

Montessus établit pour cela, comme il l'indique lui-même, « un catalogue de plus de 2300 secousses, 137 éruptions et 27 ruines complètes de grandes villes ».



Figure 2 : La maison de Fernand à Santiago, telle que figurée dans une carte postale à sa famille. En 1907, à 56 ans, Montessus part au Chili³ comme directeur du service sismologique, à l'origine pour trois ans – mais il s'y installe et y meurt en 1923. (photo ca. 1908, Fonds Robert de Montessus [1])

Ses recherches ont été récompensées à plusieurs reprises par l'Académie des Sciences. Il reçoit notamment en 1887, pour son mémoire sur les tremblements de

3. L'année 1906 avait vu trois séismes de très grande ampleur sur la dorsale décrite par Montessus, lui donnant raison vingt ans après sa lettre : en janvier en Équateur, en avril à San Francisco, en août à Valparaiso (Chili).

terre et les éruptions volcanique en Amérique Centrale, un encouragement de 1000 francs sur le prix Vaillant. En 1915, il se voit attribuer le prix Montyon en Statistique pour *La sismologie moderne, la science séismologique : les tremblements de terre* [12]. Concernant le prix Vaillant, on lit dans le rapport reproduit au début de l'ouvrage [15] :

Ces documents importants une fois rassemblés, il a cherché leur relation avec les autres phénomènes physiques concomitants, comparant le développement des ces phénomènes avec celui des manifestations séismiques. Des tableaux nombreux, des tracés graphiques méthodiquement dressés lui ont permis de se prononcer en connaissance de cause sur chacun des points qui ont été l'objet de ses investigations.

Il a reconnu qu'il n'existait aucune relation simple entre la fréquence des secousses de tremblement de terre et les phénomènes astronomiques divers, tels que ceux qui résultent des positions variées que peuvent occuper l'un par rapport à l'autre les différents éléments du système solaire. Mêmes conclusions négatives relativement à l'influence qu'on a attribuée aux agents des phénomènes météorologiques. Il prouve que l'action des baisses barométriques, celle de l'abondance plus ou moins grande des pluies, celle des variations de l'aiguille aimantée, etc., sont sensiblement nulles [...]

C'est à un traitement statistique des données qu'il a recueillies, que Fernand de Montessus procède. Il n'est donc pas surprenant que ses travaux puissent être récompensés par un prix de Statistique Appliquée.

@@@@@@@

Dans l'introduction de leur ouvrage [20], R. Madariaga et G. Perrier mettent en exergue la place de Fernand de Montessus dans le développement de la sismologie :

Après d'innombrables compilations historiques, le sismologue français Montessus de Ballore, directeur du Service sismologique de la république du Chili, dans son livre Les Tremblements de terre, Géographie séismologique (Paris, 1907) fut le premier à décrire la répartition des épicentres des séismes à la surface de la Terre. Montessus de Ballore eut aussi le mérite de faire admettre en France et en Amérique du Sud que la grande majorité des tremblements de terre avaient une origine tectonique⁴. Dans un autre ouvrage, publié en 1911 aux éditions Armand Colin et intitulé La Sismologie

L'année 1906 peut être considérée comme marquant le début de la science sismologique ; cette succession de catastrophes peut aussi expliquer le départ de Montessus au Chili comme directeur du service sismologique.

4. Le mot tectonique vient du grec *tektonikê* qui désigne l'art du charpentier. Le terme *nouvelle tectonique*, employé par Haug, apparaît dans les travaux de Bertrand. Suess propage mondialement l'expression par son ouvrage *Das Antlitz der Erde*.

moderne, il dressa un état de la sismologie au début du XXe siècle. Certains passages de sa préface étonnent par leur perspicacité [...]

Plus loin les auteurs citent Montessus ([18]) :

Si grosso modo, nous savons à n'en pas douter que les tremblements de terre résultent des efforts géologiques généraux qui ont élevé les montagnes, plissé, rompu et charrié les unes sur les autres les strates terrestres, en sommes-nous mieux renseignés sur la genèse intime du phénomène sismique ? Certes non, la solution du problème est seulement reculée et ramenée à celle du problème orogénique⁵.

Ils poursuivent :

Montessus avait vu juste : sismogenèse et orogénèse sont étroitement liées [...] Soixante ans après que Montessus eut écrit ces lignes, la théorie de la tectonique des plaques, véritable révolution dans les sciences de la Terre, allait permettre de répondre.

Ces différents commentaires nous éclairent ainsi sur la place que tient Fernand de Montessus dans la science sismologique et rendent d'autant plus pertinent la publication de sa lettre de 1886.

La découverte de la lettre de Montessus

Comment avons-nous retrouvé ce courrier de Fernand de Montessus à Louis Soret ? En cherchant des documents du frère de Fernand de Montessus, le mathématicien Robert de Montessus (1870-1937), dans le fonds Henri Fehr, mathématicien suisse, nous avons appris l'existence de cette lettre par un enchaînement de circonstances. Nous savions que Robert de Montessus et Henri Fehr⁶, professeur de mathématiques à l'Université de Genève, correspondaient dans les années 1916-1925. En effet, plusieurs lettres d'Henri Fehr datant de cette période, se trouvent dans le fonds Robert de Montessus ([1]). Nous avons pris naturellement contact avec le service des archives de la Bibliothèque de la ville de Genève qui possède un fonds Henri Fehr. Les archivistes, après une recherche sur le nom Montessus dans leur fichier, nous ont signalé le document suivant :

« Montessus de Ballore, [F.] de, 1 l.a.s. à Louis Soret, 3 juin 1886, Ms. fr. 4176, f. 383-386., i.e. une lettre de Fernand de Montessus ».

5. L'orogénèse est un terme scientifique désignant les mécanismes de formation des montagnes.

6. Henri Fehr (1870-1954) a créé en 1899, avec le mathématicien et homme politique français Charles-Ange Laisant (1841-1920), la revue *L'enseignement mathématique*. Cette revue existe toujours : ses locaux se trouvent au sein de l'Université de Genève. Elle est soutenue par une fondation.

Ce courrier se trouve dans le fonds de la famille Soret-Odier. Le fonds concerne en particulier Jacques-Louis Soret (1827-1890) et Charles Soret [6] (1854-1904). Un point serait ici à éclaircir : il est mentionné dans les archives Louis Soret comme destinataire. Dans sa lettre, Fernand de Montessus s'adresse à un sismologue connu. Est-ce le père ou le fils ? D'après [6], le père et le fils étaient très proches aussi dans leurs activités scientifiques. Louis et Charles ont tous les deux participé à la commission sismologique suisse⁷ : dans le compte-rendu de la soixante-huitième session de la Société helvétique des Sciences Naturelles [24], il est indiqué que Louis Soret intègre la commission en 1878, année de sa création, et son fils, deux années plus tard. Par ailleurs, dans le *Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de Genève*⁸, on trouve un inventaire des manuscrits conservés au musée d'Histoire des Sciences. Un *Journal de laboratoire* de Charles Soret consacré à la sismologie (1881-1891) y est répertorié avec la cote Z 127. Charles Soret reste connu aussi pour *l'effet Soret*, autrement dit *la thermodiffusion*⁹. En l'absence d'enveloppe, il subsiste un doute sur le destinataire effectif.

II- ANALYSE LINÉAIRE DU CONTENU

Préparation d'un mémoire

Dans cette lettre, Fernand de Montessus fait état de ses travaux et développe aussi ses nouvelles idées – c'est aussi une tradition, qui perdure jusqu'au début du XX^e siècle, de faire part de ses résultats scientifiques par l'intermédiaire d'une lettre à une sommité du domaine¹⁰ (ici Soret). On perçoit la somme de travail mais aussi le cheminement des idées : critiques des anciennes théories, confrontation de lois théoriques aux observations recueillies, mais aussi, construction de nouveaux modèles en partant des observations personnelles et en faisant un certain nombre d'hypothèses.

Il prépare donc un ouvrage¹¹, comme il l'indique au début de la lettre, et qui est certainement *Tremblements de terre et éruptions volcaniques au Centre-*

7. Dans le *postscriptum* de la lettre, Fernand de Montessus mentionne cette commission.

8. Tome XIII, 1964-1967

9. Lorsque un mélange, fluide ou solide, est placé dans un gradient de température, on observe une séparation des espèces le long de ce gradient thermique.

10. Voir par exemple les lettres de Fresnel à Arago.

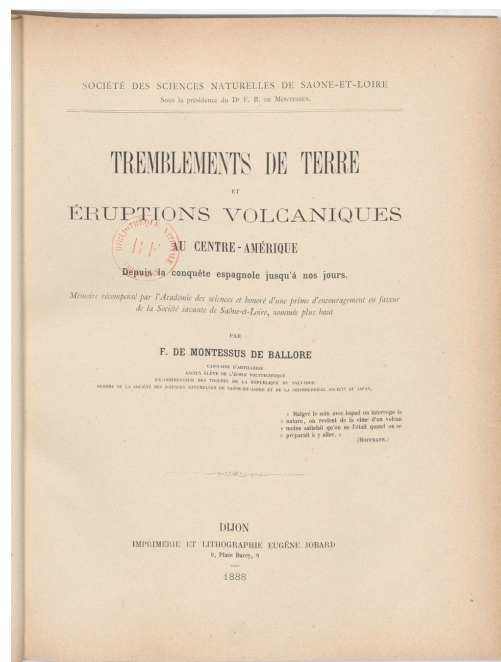
11. Ce livre est le prolongement d'un premier mémoire publié au Salvador en 1884, intitulé *Temblores y erupciones volcánicas en Centro-América*, Impr. del Doctor F. Sagrini, 1884.

Amérique depuis la conquête espagnole jusqu'à nos jours [15]. Il écrit au début de la lettre :

[...] ayant été surchargé de besogne par la rédaction d'un mémoire nouveau sur les tremblements de terre et les éruptions volcaniques au Centre-Amérique. C'est le développement d'un premier travail que je vous adresse ci-joint et qui doit être considéré comme le squelette de celui-là. J'ai été amené dans l'introduction à m'étendre considérablement sur les phénomènes sismiques en général.

Effectivement, son introduction ne compte pas moins de trente sections ! Fernand de Montessus consacre d'ailleurs un court paragraphe aux hypothèses anthropomorphiques pour expliquer les séismes. Il le conclut par :

Notre science orgueilleuse n'a pas besoin, au XIX^e siècle, de retourner loin en arrière pour retrouver trace de ces enfantines explications.



Source: gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figure 3 : Page de garde de l'ouvrage de 1888 (source : numérisation Gallica).

Puis il consacre, toujours dans le livre de 1888, un paragraphe aux lois de Perrey¹². Elles font l'objet d'un long développement dans sa lettre.

12. Paragraphe intitulé *Influence sismique de la lune. Lois de Perrey.* dans [15] pp 12-18.

Lois de Perrey

Alexis Perrey (1807-1882) a été professeur de mathématiques à la Faculté des Sciences de Dijon et sismologue. Il est reçu à l'Agrégation de Sciences en 1836¹³. Il semble, d'après nos recherches dans les *Comptes Rendus hebdomadaires des séances* de l'Académie des Sciences¹⁴, que la première communication de Perrey date de 1841. Cette note paraît dans le tome 12 de l'année 1841 dans la rubrique *Physique du globe* et débute par :

Tremblements de terre dans les différents siècles et aux différentes époques de l'année.

M. Alexis Perrey, agrégé à la Faculté des Sciences de Dijon, annonce, dans une lettre adressée à M. Arago, qu'il s'occupe de recherches historiques sur les tremblements de terre. À la Lettre est joint un spécimen de ce travail, que l'auteur donne dans le but de provoquer des remarques sur le plan qu'il a suivi et qu'il modifierait au besoin. M. Perrey exprime le regret de n'avoir pas à sa disposition plusieurs grandes collections de chroniques, dans lesquelles il trouverait probablement enregistrés un bon nombre des faits dont il s'occupe. Cependant les sources qu'il a pu constituer jusqu'ici lui ont donné pour 13 siècles (de 306 à 1583) un nombre de 262 tremblements de terre qui, répartis les uns par mois et les autres par saisons, semblent déjà faire pressentir l'existence d'une inégalité dans le degré de fréquence de ces sortes de phénomènes aux différentes époques de l'année.

Ainsi a-t-on une première description de la nature des travaux que va mener Alexis Perrey¹⁵. Ils se fondent sur un traitement statistique. Dans le tome 24 des *Comptes Rendus hebdomadaires des séances* de l'Académie des Sciences de l'année 1847, un mémoire d'Alexis Perrey intitulé « La Lune exerce-t-elle une influence sur les tremblements de terre ? » est mentionné comme allant faire l'objet d'un rapport. Les trois lois, dites *lois de Perrey*, rappelées par Montessus dans la lettre, se trouvent vraisemblablement énoncées dans ce mémoire. Pour Montessus, qui s'appuie sur 5000 observations nouvelles et supplémentaires, la première loi est peu vraisemblable, la seconde est fautive tandis que la troisième serait correcte. Ferdinand André Fouqué émet¹⁶ en 1889 une critique identique des lois de Perrey en

13. Source : *Les agrégés de l'enseignement secondaire, Répertoire 1809-1950* par André Chervel.

14. Source Gallica.

15. Fernand de Montessus [19] puis Edmond Rothé [22] publient chacun une notice sur Alexis Perrey.

16. Chapitre X de son ouvrage ([8]), pages 152-161. Fouqué (1828-1904) était un géologue français, professeur au Collège de France et membre de l'Académie des Sciences.

repreuant d'ailleurs les arguments de Montessus. De plus, Fouqué est réservé quant à la méthode suivie par Perrey qui consiste à édicter une loi à partir d'un traitement statistique d'observations recueillies :

Des efforts considérables ont été faits pour démontrer qu'il existe une relation étroite entre les tremblements de terre et d'autres phénomènes physiques. Des savants consciencieux ont consacré une grande partie de leur vie à la recherche de ces rapports. Admettant que des relations de ce genre pouvaient être masquées par des phénomènes secondaires concomitants, ils ont tenté d'éliminer les causes d'erreurs au moyen de comparaisons statistiques [...]

Et d'abord, elles pèchent par la base ; l'un des éléments de l'opération statistique effectuée est la détermination du nombre des tremblements de terre qui se produisent dans telle ou telle période de temps, dans telles ou telles conditions connues. Or, jusqu'à présent, rien d'incertain et de difficile comme ce travail préalable fondamental. Si un tremblement de terre est peu intense, il passe inaperçu pour la plupart de ceux qui habitent la région ébranlée, et souvent il est mis en doute par les uns alors que d'autres, dans des conditions semblables, prétendent en avoir senti les effets. Doit-on enregistrer toutes les commotions souterraines qui ont été perçues exclusivement par quelques personnes, ou seulement celles qui ont été ressenties par toute une population, ou bien encore celles qui ont produit des désastres matériels ? Lorsque des appareils sismiques sont en usage dans un pays, doit-on tenir compte des ébranlements dont seuls ils révèlent l'existence ? Ces instruments sont plus ou moins sensibles, quels sont ceux dont on consignera les indications ? Où posera-t-on la limite des mouvements sismiques et microsismiques ? Et, en supposant que l'on soit d'accord sur la détermination des séismes, comment arrivera-t-on à établir une concordance dans les observations, les appareils destinés à les déceler étant très inégalement répandus ? [...]

Une autre cause d'erreur plus grave encore provient de la difficulté de délimiter ce qui constitue un cataclysme sismique. En effet, un tremblement de terre se compose ordinairement d'une série de secousses qui se succèdent presque toujours pendant plusieurs mois et quelquefois pendant plusieurs années, avec des recrudescences et des périodes d'affaiblissement. Comment distinguer si l'on a affaire à un ensemble unique de phénomènes ou au contraire à plusieurs séries distinctes de commotions ? [...]

Ces causes initiales d'incertitude expliquent en grande partie les résultats contradictoires auxquels on est arrivé. Joignons à cela que l'auteur le plus consciencieux, lorsqu'il part à priori d'une idée théorique, a beaucoup de

peine à ne pas faire plier la statistique au besoin de son opinion ; et lors même qu'il respecte les chiffres recueillis dans l'enquête à laquelle il se livre, il est enclin à mettre en relief les petites différences favorables à sa manière de voir [...]

Il [Alexis Perrey] était persuadé que sous une écorce solide de faible épaisseur, le globe terrestre renfermait une masse énorme de liquide igné influencé par les attractions du soleil et de la lune de la même manière que l'eau à la surface de la terre ; en un mot, il supposait qu'il y avait des marées souterraines de matière incandescente, comme il y a des marées aqueuses dans les océans. Il croyait en outre que les marées souterraines pressant contre la paroi interne de l'écorce terrestre devaient y injecter des matières incandescentes et engendrer des actions mécaniques capables de produire les tremblements de terre ou au moins d'en faciliter le développement. Comme conséquence de ces idées, il admettait que le moment du maximum d'effet des attractions lunaire et solaire devait être en même temps celui de la plus grande fréquence des ébranlements du sol. Les commotions séismiques devaient s'observer, par suite, en plus grand nombre : 1) aux syzygies¹⁷ qu'aux quadratures¹⁸ ; 2) au périgée qu'à l'apogée, surtout dans la saison des équinoxes ; 3) en un lieu donné, elles devaient être plus nombreuses au moment des passages de la lune au méridien. Telles sont les trois déductions connues sous le nom de lois de Perrey [...]

D'après Fouqué, Perrey utilise un modèle de la Terre proposant *une écorce solide de faible épaisseur, le globe terrestre renfermant une masse énorme de liquide igné*¹⁹. Dans sa lettre, concernant le modèle de la Terre, Montessus écrit :

Admettant l'hypothèse du noyau central fluide et les théories nouvelles de l'inégalité d'épaisseur de la croûte solide au droit des continents et les océans [...]

Dans [7], les auteurs, dans leur chronologie, donnent l'année 1880 comme date d'un modèle de Terre comme *globe entièrement solide avec une couche en fusion sous une croûte de faible épaisseur*. Dans son livre de 1888, Montessus consacre l'item 35 de son introduction (pages 62-70) ainsi qu'une note, pages 73-78 à la question de la structure interne du globe. Il termine sa note par :

Joignant cette note à ce qui dans l'introduction a trait à la même question, l'on a un ensemble succinct à peu près complet de l'état actuel de nos

17. Une syzygie est une situation où trois objets célestes ou plus sont alignés – notamment les nouvelles ou pleines lunes.

18. Position d'une planète lorsque l'angle du Soleil, de la Terre, et celle-ci vaut 90 degrés (premier et troisième quartiers de Lune).

connaissances sur l'état interne de notre planète. On voit aussi combien les opinions des plus grands savants diffèrent sur une hypothèse vulgairement acceptée sans conteste, et quoique cette théorie de noyau central fluide soit la plus simple et la plus naturelle, il est difficile, après l'exposé des spéculations auxquelles elle a donné lieu, de se défendre d'un certain doute à son égard. En tout cas il nous faut se garder de la croire scientifiquement vérifiée.

Considérations mécaniques

Dans sa lettre, Fernand de Montessus considère *une répartition de la vitesse de rotation suivant une loi différente de la proportionnalité de la distance au centre.* Il développe la genèse de cette idée dans son ouvrage de 1888 :

De nombreux travaux étayés sur les valeurs de la précession et de la nutation, montrent que le problème qui consiste à en déduire la valeur du rayon du noyau fluide, est susceptible d'admettre diverses solutions, dans l'état actuel de la science, solutions comprises dans d'assez grandes limites. La mécanique des fluides et surtout celle des corps à l'état visqueux, ne sont point assez avancées pour qu'on puisse savoir au juste ce qui peut bien se passer dans une masse aussi considérable que la terre [...] et en effet on a vu quelle perturbation a produite dans les idées reçues la découverte de ce fait extraordinaire que la vitesse de rotation du soleil est légèrement variable avec la latitude suivant une loi jusqu'ici empirique et mal connue. Rien ne nous empêche donc de croire que la terre à l'état de nébuleuse a dû présenter le même phénomène [...] la loi des aires nous conduit fatalement à admettre que les couches internes doivent, au moins pendant une certaine période, posséder une vitesse de rotation plus grande que celle des couches externes.

Montessus fait ici une analogie entre la Terre et le Soleil et se fonde sur les travaux d'A. Secchi²⁰ sur le Soleil (cf. encadré).

Secchi et la rotation différentielle du Soleil

Dans le chapitre V de son ouvrage *Le Soleil*, Secchi développe la question de la vitesse de rotation du Soleil. A la page 132, il écrit :

« La seconde loi, plus importante que la première, peut s'énoncer ainsi :
La rotation solaire n'a pas la même durée sur tous les parallèles ; la

19. En feu, incandescent.

20. Astronome, il est considéré comme un des pionniers de la spectroscopie. Une partie de ses publications sont visibles sur Digital Library for Physics and Astronomy ([lien](#)). Voir son ouvrage *Le Soleil* (1875-1877) sur [Gallica](#).

vitesse angulaire est maximum à l'équateur, et elle diminue à mesure que la latitude augmente : c'est donc à l'équateur que l'arc parcouru en un jour correspond à un plus grand nombre de degrés ».

et, pages 136-137 :

« Ainsi disparaissent les difficultés qui ont tant tourmenté les astronomes relativement à la rotation solaire : Le Soleil ne tourne pas d'après les lois que devrait présenter le mouvement d'un corps solide ; d'où résulte que, du moins dans la couche qui est accessible à nos observations, nous devons le regarder comme étant composé d'une masse fluide ».



Figure 4 : Le père jésuite Angelo Secchi (1818-1878), astronome.

Fernand de Montessus poursuit :

On conçoit en effet que dans cette hypothèse nous avons là une masse non plus invariable, mais au sein de laquelle des mouvements très complexes doivent se produire. Il semble démontré que dans les fluides toutes les fois que des couches ou des nappes contiguës possèdent des vitesses différentes, il en résulte des mouvements giratoires ou tourbillonnaires.

Il utilise alors ce phénomène pour expliquer des causes de séismes. Il explique dans sa lettre :

ce qui me donne dès lors une cause très générale d'un grand nombre de séismes, au moins de ceux des régions littorales des océans à pente raide comme la côte du Pacifique, du cap Horn au détroit de Behring. En effet au droit de ces rivages la surface de raccordement des 2 plafonds internes, maritime et continental aura une certaine pente notable par rapport à la tangente au grand cercle terrestre et en vertu de la non proportionnalité de la vitesse de rotation à la distance au centre se trouverait là une région à

tourbillonnement plus ou moins tumultueux. Il s'y développera en outre une cause de séisme due à la marée lunaire

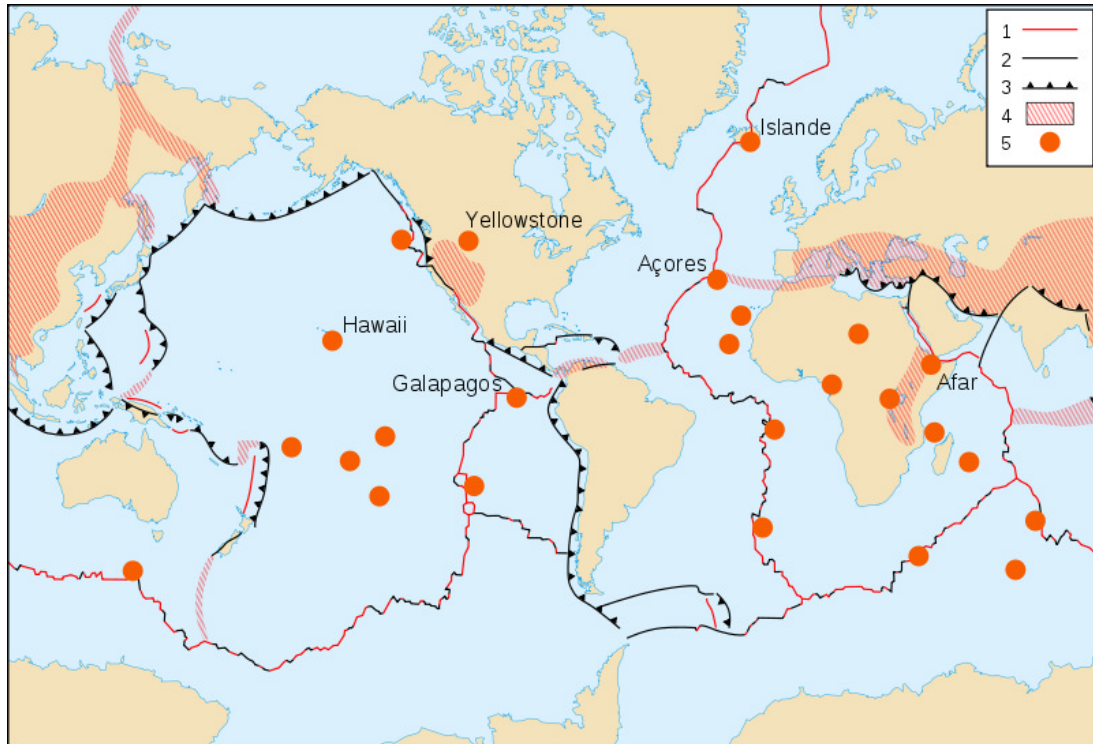
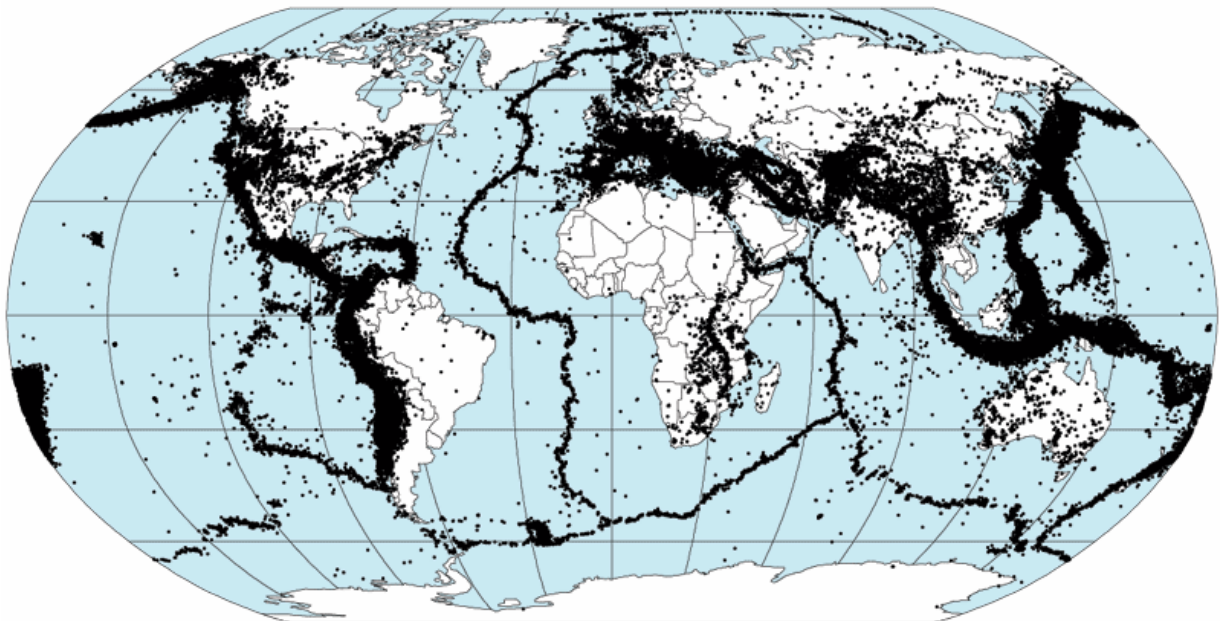


Figure 5 : (ci-dessus) **En noir (légende 3), les limites de plaques de subduction (enfouissement à l'intérieur du manteau), dont celle qui va du Cap Horn à l'Alaska (un peu en-dessous du détroit de Behring évoqué par Montessus) ; (ci-dessous) distribution des épicentres de séismes, période 1963-1998, 358 000 secousses (source NASA – projet DTAM Digital Tectonic Activity Map)**



Il poursuit dans son ouvrage :

S'il en est ainsi dans l'intérieur de la terre, les masses qui tendront à monter à la surface sous l'influence des causes inconnues, mais nous n'avons pas à nous en préoccuper, se heurteront obliquement à l'écorce, d'où production de séismes et de phénomènes éruptifs s'il y a une issue.

Peut-on pour autant nommer *courants de convection* ce que Fernand de Montessus appelle *mouvements giratoires ou tourbillonnaires* ? Non, les tourbillons qu'il évoque se rapportent à une terre liquide, même s'il a conscience, comme il l'indique dans sa Note de l'ouvrage de 1888, que cette dernière n'est pas fondée scientifiquement. Nous sommes donc, de toute façon, loin des courants de convection dans le manteau solide.

Retour aux lois de Perrey

Fernand de Montessus propose une seconde cause de séisme en formulant l'hypothèse d'une *marée de seconde espèce* à l'intérieur du globe avec *transport de matière*. Puis de façon surprenante, il écrit dans la lettre :

Or la confirmation de la 2ème loi de Perrey m'est garant qu'il en est ainsi. Je soupçonne une vérification à ces considérations car je pense que cette loi sera mieux vérifiée dans les statistiques sismiques correspondant à une région volcanique littorale à pente raide que celles correspondant à des régions continentales à tremblements de terre comme la Suisse où ce seront les secousses orogéniques les plus importantes et qui se trouveront moins directement en dépendance avec la position de la lune avec le méridien.

En effet, il nous semble qu'il s'agit plutôt de la troisième loi de Perrey que de la seconde loi. Si Fernand de Montessus rejette, en se fondant sur ses propres statistiques, les deux premières lois, il semble ne pas rejeter en 1886, au moment où il débute ses travaux, la troisième loi de Perrey. Peut-être simplement qu'elle lui permet à ce moment d'étayer son hypothèse de *marée de seconde espèce* ? N'oublions pas que Fernand de Montessus écrit ces lignes à la fin du XIX^e siècle, où les connaissances sur la structure du globe sont encore bien incomplètes.

Géographie sismique.

Fernand de Montessus termine sa lettre par des considérations de *géographie sismique*, c'est-à-dire par la localisation de zones sismiques. Il utilise d'ailleurs à plusieurs reprises l'expression *faille*²¹. Ses conclusions sur ce qu'il a observé en Amérique Centrale portent sur les mouvements associés aux failles.

III- CONCLUSION

Les premiers travaux en sismologie de Fernand de Montessus de Ballore datent du milieu des années 1880. Sa lettre accompagne, vraisemblablement, l'ébauche de son livre qui sera publié deux ans plus tard. Dans son courrier, il pose en particulier la question de la validité des lois de Perrey, qui a cherché, en vain, à mettre en relation les phases de la Lune et les séismes [9]. Fernand de Montessus, après quelques considérations de Mécanique, en vient à situer et à décrire des zones de sismicité. C'est là que l'on trouve son apport majeur dans l'étude des tremblements de Terre, précisément en *Géographie sismique* [9].



(septembre 2012)

Nous remercions Monsieur Julien Fréchet, directeur de recherches à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, pour ses explications sur certains points du texte et pour ses remarques.

21. On définit de nos jours une faille comme une zone de roches broyées au sein de la croûte (faille décrochante (verticale, coulissage des blocs), faille chevauchante (inclinée, glissement), faille normale). La caractéristique principale est le déplacement des deux compartiments de part et d'autre de la faille.

17.3.23

LE MARÉCHAL FOCH

Cher Monsieur,

Notre frère était un de mes
Camerades de promotion. J'ai
toujours eu avec lui et avec
seules relations et j'apprécie
fort les services qu'il avait
rendus au Chili, à la Secine
et au Pays.
La fin m'est particulièrement
sensible.

Figure 6 : Lettre du Maréchal Foch à Robert de Montessus, frère de Fernand, lors du décès de ce dernier, au Chili en 1923 (Fonds Robert de Montessus de Ballore, [1])

RÉFÉRENCES

- [1] Fonds Robert de Montessus de Ballore, archivage en cours, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- [2] Dossier de Charles Soret, Bibliothèque de Genève, Suisse.
- [3] Bernard P., *Qu'est-ce qui fait trembler la terre ? A l'origine des catastrophes sismiques*, EDP Sciences, 2003.
- [4] Bjornerud M., *Autobiographie de la Terre*, Dunod, Paris, 2006.
- [5] Cisternas A., "Montessus de Ballore, A pioneer of seismology ; The man and his work", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Volume 175, p. 3-7, 2009.

- [6] P. Costesèque, J.K. Platten, "Short biography of Charles Soret on the occasion of the hundredth anniversary of his death", presented by the European Group of Research in Thermodiffusion E.G.R.T. at IMT6, Varenna, 1-6 July 2004
- [7] Deparis V., Legros H., *Voyage à l'intérieur de la Terre, De la géographie antique à la géographie moderne, Une histoire des idées*, CNRS Editions, 2000.
- [8] Fouqué F.A., *Les tremblements de terre*, Editeur Baillière et Fils, Paris, 1889.
- [9] Fréchet J., « Le développement de la sismologie en France au 19^e siècle ». *Géochronique*, numéro 88, Décembre 2003, p. 35-36.
- [10] Fréchet J., « La sismologie en France au 20^e siècle », *Géochronique*, numéro 101, Mars 2007, p. 38-40.
- [11] Fréchet J., Meghraoui M., Stucchi M., *Historical seismology. Interdisciplinarity of past and recent earthquakes*, Springer, 2008.
- [12] Gauja P., *Les fondations de l'Académie des Sciences (1881-1915)*, imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, Hendaye, 1917. 1917.
- [13] E. Guidoboni, J.-P. Poirier, *Quand la terre tremblait*, éditions Odile Jacob, 2004
- [14] Le Ferrand H. et M., « Deux frères scientifiques de renom : Fernand et Robert de Montessus de Ballore », *Bulletin de la SABIX*, numéro 48, Juin 2011.
- [15] Montessus (de) de Ballore F., *Tremblements de terre et éruptions volcaniques au Centre-Amérique depuis la conquête espagnole jusqu'à nos jours*, Imprimerie Eugène Jobard, Dijon, 1888.
- [16] Montessus (de) de Ballore F., *Les tremblements de terre : géographie séismologique*, avec une préface par M. A. de Lapparent, 89 cartes et figures et 3 cartes hors texte, Armand Colin, 1906.
- [17] Montessus (de) de Ballore F., *La science séismologique : les tremblements de terre*; avec une préface par M. Ed. Suess, Armand Colin, 1907.
- [18] Montessus (de) Ballore F., *La sismologie moderne: les tremblements de terre*, Armand Colin, Paris, 1911.
- [19] Montessus de Ballore F., Alexis Perrey : *Un point d'histoire de la sismologie*. Paris: Impr.P. Feron-Vrau, 1912.
- [20] Madariaga R., Perrier G., *Les tremblements de terre*, Presses du C.N.R.S., 1991.
- [21] Poirier J.-P., « Prédire les catastrophes naturelles », p. 217-224, *Etudes*, Février 1981.
- [22] Edmond Rothé et Henri Godron, *Alexis Perrey, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, sismologue français, 1807-1882*, Dijon, Impr. Jobard. 1923.
- [23] Rothé J.-P., « La vie et l'oeuvre de Montessus de Ballore », *La Jaune et la Rouge*, p. 25-32, 1973.
- [24] Actes de la Société helvétique des Sciences Naturelles réunie au Locle, 68 ième session, compte-rendu, 1885 (numérisé sur archive.org).

Annexe - Plan de l'ouvrage de 1888 (*Tremblements de terre et éruptions volcaniques au Centre- Amérique depuis la conquête espagnole jusqu'à nos jours*)

- Introduction.
- Note sur la constitution interne du globe et ses rapports avec les théories sismiques et volcaniques.
- Éphémérides sismiques et volcaniques du Centre-Amérique.
- Index bibliographique.
- Appendice.

L'introduction est particulièrement détaillée, Fernand de Montessus en donne un sommaire analytique :

1. Prologue.
2. Période anthropomorphique des hypothèses sismiques.
3. Période préscientifique des hypothèses sismiques ; méthode des coïncidences.
4. Théories astronomiques et magnétiques. Taches du soleil. Travaux de Wolff et de Kluge.
5. Influence des astéroïdes inférieurs ; théories du Cap. Chapel. Bélier hydraulique ; noeuds et ventres. Superficialité de certaines secousses.
6. Influence sismique de la lune. Lois de Perrey.
7. Prédications du Cap. Delaunay.
8. Répartition des séismes tout le long de l'année.
9. Autre méthode pour étudier la répartition des séismes tout le long de l'année, par l'emploi des séries.
10. Répartition horaire des séismes.
11. Théories météorologico-sismiques. Loi de Laur.
12. Relations des séismes avec les perturbations magnétiques.
13. Caractère commun de périodicité des théories précédentes.
14. Théories chimico-géologiques.
15. Multiplicité des causes de séismes. Desiderata de la sismologie en France.
16. Plan général de ce mémoire.
17. Coup d'oeil d'ensemble sur la géographie et l'orographie du Centre-Amérique.
18. Coup d'oeil hydrographique.
19. La civilisation s'est concentrée le long des grandes voies de communication inter- océaniques.
20. Conséquences sociales de cette loi.
21. Coup d'oeil géologique sur le Centre-Amérique.
22. Vue d'ensemble sur le système des volcans du Centre-Amérique.
23. Séries linéaires de volcans actifs modernes.
24. Anciennes séries linéaires Guatémaltéco-Salvadorénienne et Nicaragüienne.
25. Groupements transversaux.
26. Marche simultanée vers l'ouest de la faille volcanique principale et du rivage océanique depuis l'époque miocène.
27. Faille volcanique primitive et failles secondaires transversales.
28. Soulèvement actuel.
29. Observations sur les systèmes volcaniques du Nicaragua et du Costarica.

30. Alternance des volcans et des lacs.
31. Cratères et lacs cratériques.
32. Analogies entre les systèmes volcaniques du Centre-Amérique et de l'Auvergne.
33. Conséquences sismiques.
34. Quelques mots sur les Retumbos.
35. Considérations sur la proximité des volcans et des océans et sur le noyau fluide interne.
36. Prévion instinctive des tremblements de terre.
37. Sur le catalogue chronologique.
38. Conclusions.