

Histoire des sciences

Eduard Suess (1831–1914) et sa fresque mondiale *La face de la Terre*, deuxième tentative de tectonique globale

Michel Durand-Delga^{a,*}, Johannes Seidl^b

^a *La Pélisserie, 81150 Florentin, France*

^b *Archiv der Universität Wien, Postgasse 9, A-1010 Wien, Autriche*

Reçu le 13 juillet 2006 ; accepté après révision le 14 novembre 2006

Disponible sur Internet le 9 janvier 2007

Présenté par Michel Durand-Delga

Résumé

La synthèse globale de Suess (*Das Antlitz der Erde*, adapté dans *La face de la Terre*) remplace, à partir de 1885, la théorie des « soulèvements » d'Élie de Beaumont, unanimement rejetée. Bien que basée également sur le principe du refroidissement du globe, elle en diffère fondamentalement : (1) les chaînes de montagne ne sont pas symétriques, résultant de déplacements tangentiels vers un « avant-pays » ; (2) leurs sinuosités sont dues à leur adaptation aux blocs indurés plus anciens ; (3) aux chaînes « Calédonienne » puis « Varisque » succèdent les Alpides (cf. Marcel Bertrand) ; (4) les océans sont dus à des « affaissements » de divers âges, leur remplissage entraînant de grandes transgressions « eustatiques » ; (5) les « virgations » péri-pacifiques montrent un déplacement vers l'océan Pacifique, le plus anciennement formé. Outre une vision cohérente de l'évolution du globe, intégrant les débuts du « mobilisme » tectonique, Suess est le créateur de notions classiques (Téthys, Gondwana, etc.), et il a introduit maints termes de géologie structurale. Sa vie, ses multiples activités, ses relations avec les géologues français sont également examinées. **Pour citer cet article :** M. Durand-Delga, J. Seidl, C. R. Geoscience 339 (2007).

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Eduard Suess (1831–1914) and his global geological synthesis *Das Antlitz der Erde*. The global synthesis of Suess, *Das Antlitz der Erde* (1883–1909), translated and augmented as *La face de la Terre*, replaces Élie de Beaumont's theory of 'upheavals', rejected by the end of the century. Although Suess' theory is also based upon the alleged cooling of the Earth, it differs on significant points such as the following: (i) mountain belts are not symmetrical, they result from tangential push directed towards their foreland; (ii) their bends result from their accommodation against older rigid blocks; (iii) the 'Caledonian belt' has been followed by the 'Variscan', in turn followed by the 'Alpides' (see Marcel Bertrand); (iv) the oceans formed by foundering of their basement at varied epochs, and their progressive infilling resulted in the worldwide 'eustatic' transgressions; (v) the peri-Pacific 'island arcs' move toward the Pacific Ocean, which is the oldest one. Besides a coherent vision of the development of the Earth, integrating the early concepts of 'mobilism', Suess coined many currently used geological terms (Tethys, Gondwana, etc.). Suess, at this time authoritative the world over, was a member of the 'Académie des sciences' of Paris. **To cite this article:** M. Durand-Delga, J. Seidl, C. R. Geoscience 339 (2007).

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Tectonique globale ; Chaînes de montagne ; Alpes ; Mécanismes tectoniques ; Suess ; Histoire de la géologie

Keywords: Global tectonics; Mountain systems; Alps; Tectonic mechanisms; Suess; History of geology

* Auteur correspondant.

Abridged English version

Introduction

Eduard Suess is the author of a monumental synthesis of global geology, *Das Antlitz der Erde* (1883–1909). By the end of the 19th century, the accumulation of geological knowledge made necessary such an attempt, aiming to substitute Élie de Beaumont's synthesis (the Earth's mountain ranges as a 'pentagonal dodecahedron', 1819–1870), which was turning to be obsolete. Published in France (*La face de la Terre*), then in England (*The Face of the Earth*), Suess' masterwork gained a worldwide fame up to the middle of the 20th century. Suess was elected as a member of the 'Académie des sciences' of Paris (Fig. 1), and thus was able to stay in Paris and deepen his acquaintance with French geologists [7].

Suess' youth and palaeontological period

Suess' life and works are described in his posthumous memoirs [22] and in varied texts, mainly in German language [8,13,23,25,26]. His father's family belonged to the Austrian merchant middle class. Born in London in 1831, he spent his childhood in Prague and his teenage years in Vienna, where he attended the 'Polytechnicum' courses, and took an active part in the 1848 revolutionary attempt.

In 1852, he is appointed assistant at the Museum of Natural History in Vienna; from 1851 to 1874 he elaborates about 60 publications on varied palaeontological subjects [30,31] such as (i) the Triassic–Jurassic Brachiopods of the Alpine–Carpathic regions, in collaboration with T. Davidson in Great Britain and G. Deshayes [5] in Paris; (ii) the Ammonites, for whom he proposed the first generic classification; (iii) the Miocene Mammals of Vienna basin in their stratigraphic context [15,16]. Being commissioned in 1856 for a long scientific travel across Europe, he visited many palaeontologists (and their collections!) in Poland, Germany, Belgium, and especially in France (Caen, Paris). Back in Vienna, and now internationally recognized, he postulated for an 'extraordinary course' of palaeontology at the University, which was denied to him as he was not graduated as a doctor [12]. However, in 1857, the Minister of Education imposed his nomination as a tenure professor of palaeontology. In 1867, he was nominated full professor of geology: he will occupy this chair until his retirement in 1901. Suess was elected as a member of the Imperial Academy of Sciences, and was the chairman of this institution from 1898 to 1911.

From Die Entstehung der Alpen to Das Antlitz der Erde

Settled in Vienna where he played an important technical and political role in the town Council and Parliament, he hardly got the opportunity to go outside for new field studies [6]. In 1875, he wrote his book *Die Entstehung der Alpen* [18]. Therein he asserted the continuity of the Alpine belt up to the Black Sea, and exposed his early ideas about the structure of Alpine mountains. Then he began writing his masterwork *Das Antlitz der Erde*, which will be progressively translated into French by Emmanuel de Margerie and his assistants [10]. *La face de la Terre*, with its circa 3700 pages, is not a mere translation, as it is improved with 500 additional figures and a lot of footnotes.

Das Antlitz der Erde

Dynamics

After a curious explanation of the Mesopotamian Diluvium (compared with a tsunami), E. Suess considers the natural seismicity and volcanism, which he assumes, after an Italian journey, to be independent phenomena. He accepts the dominant concept of Earth cooling, but regarding the 'dislocations' of the crust, he demonstrates the so-called 'Suess law' [2], i.e. that in all fold belts, push is tangential and directed from the internal zones toward an external foredeep. Vertical movements (mainly foundering) of the crust result in varied types of faults. Suess coins the terms of horst and graben.

Oceans vs. continents

Suess claims that "the descent of the earth crust seems to be the true origin of the great oceanic basins" [20], which are limited by faults. In the case of the younger oceans such as the Atlantic (which would be Miocene age!), the shorelines crosscut the trend of the (older) mountain ranges. The Pacific Ocean, which would be the oldest one, is bounded by 'island arcs' (*guirlandes insulaires*) thrust toward the ocean [21]. An east–west-trending palaeo-ocean, a relict of which would be the Mediterranean, is defined and named 'Tethys' [20], a concept that was to meet a tremendous success afterwards [14].

Similarly, Suess coins the name of 'Gondwana' [24] for a southern, dismembered palaeocontinent [11]. Moreover, he distinguishes in 'Eurasia' (Fig. 3), like Marcel Bertrand [3], the 'Caledonian belt', the 'pre-Permian' = the 'Hercynian belt', with its Armorican and

Iberian Arcs [4], and eventually the ‘Alpides’, further south. The Alpine ranges display ‘forced virgations’ as a consequence of their accommodation against previous rigid blocks. These ranges also display thrust nappes, the importance of which is increasingly acknowledged since Marcel Bertrand’s brilliant illumination in 1884 [27].

Sedimentary events and global structure

Contrary to Emile Haug [9], Eduard Suess rejects the concept of ‘geosyncline’, after having accepted it first. The formation of the oceanic basins would be related to ‘eustatic movements’ [11,19], and the sedimentary upfilling of these basins would account for the global marine transgressions. Cautious with regard to the geological stage terminology (except Sarmatian = Upper Miocene) in the Mediterranean Neogene, Suess only recognizes four ‘Mediterranean stages’ [17].

Finally, based on the meteorite composition (cf. A. Daubrée), Suess defines the ‘Ni–Fe’, ‘Sima’ and ‘Sal’ envelopes of the Earth (cf. [1]), with the latter (future Wegener’s ‘Sial’ [29]) containing the granite ‘batholiths’. However, Suess remains quite sceptical with respect to the ‘simic’ nature of the oceanic floor!

Conclusion

Eduard Suess, the Viennese Master (Fig. 4), founded a genuine Global Tectonics science able to substitute that of Élie de Beaumont, and involving altogether the structure of the continents, that of the mountain belts, the evolution of the oceanic areas, the role of volcanism and magmatism. This fertile scientist was also the father (often forgotten!) of many geological concepts and terms still currently used. His work constituted the frame of the geological research for half a century and more, with little influence of Wegener’s proposals. Suess’ masterwork indeed constitutes an outstanding avatar of the earth rational approach prior to the ‘New Global Tectonics’ of the late 1960s–1970s.

1. Introduction

La géologie s’est essentiellement constituée de 1800 à 1830, année où Arago – imprudemment sans doute ! – proclama dans un article célèbre qu’elle avait « pris rang parmi les sciences exactes ». L’illustre savant glorifiait ainsi les *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe* que venait d’écrire le jeune Élie de Beaumont (1798–1874), proposant une vision unificatrice et fournissant une synthèse harmonieuse des observations faites depuis un quart de siècle.

Se basant sur l’idée classique du refroidissement du globe, Élie de Beaumont attribue la formation des chaînes de montagne à la diminution de volume de notre planète, obligeant à se plisser les couches de son enveloppe suivant un certain nombre de bandes linéaires. À ses yeux, les « soulèvements » des reliefs montagneux résultent de poussées volcaniques profondes. Un certain nombre de « systèmes de montagne » se sont formés successivement : idée fertile qui amènera Marcel Bertrand à écrire qu’« Élie de Beaumont fut bien le premier à assigner un âge aux montagnes ». Mais ce dernier dérapa en voulant que les chaînons d’un même « système », quelle que soit leur place sur la sphère terrestre, possèdent une direction bien précise et exclusive, différente des directions des autres « systèmes de montagne » : l’ensemble se disposant suivant un « réseau pentagonal [...] arrangement [géométrique] le plus symétrique ». La pensée profonde d’Élie de Beaumont ne s’adressait pas seulement à la structure de la Terre. Pour lui, les « révolutions subites » qui ont produit les « systèmes de montagne » successifs ont entraîné des anomalies, lithologiques et paléontologiques, se traduisant aux abords des chaînes par des « solutions de continuité » (nous disons: des discordances). Ces coupures « brusques et de peu de durée » permettent de fixer les limites des divisions stratigraphiques, mieux que tout autre critère, paléontologique en particulier. Ainsi, en 1867, Élie de Beaumont était arrivé à distinguer 96 « systèmes de montagne » (pour les seuls terrains phanérozoïques qui, on le sait maintenant, ont duré quelque 500 millions d’années). On s’explique donc que la théorie des « systèmes de montagne » et son avatar le « réseau pentagonal » aient constitué l’essentiel de son *Rapport sur les progrès de la stratigraphie*, en 1869. La tentative d’Élie de Beaumont, embrassant la tectonique, la stratigraphie et, sous-jacent, le volcanisme, a donc bien été un premier essai de « tectonique globale ».

Cette théorie dogmatique fut abandonnée, avant même la mort de son auteur, quand se multiplièrent les observations montrant que la même chaîne pouvait avoir un tracé sinueux, et qu’inversement des chaînes ayant la même orientation pouvaient être d’âges différents. De 1830 à 1870, les études régionales, à but surtout stratigraphique, s’accumulèrent, tant en Europe qu’en Amérique du Nord. Le besoin s’imposa, « devant l’abondance des détails, de forger des lois très étendues et d’établir des principes » [30].

Ce fut un géologue autrichien, Eduard Suess (1831–1914), qui prit l’initiative de cette entreprise. Il la mena à son terme, dans son grand ouvrage *Das Antlitz der Erde* (1883 à 1909), qui fut traduit en français (1897 à

1918), puis en anglais (1904 à 1924). Le succès en fut fulgurant, spécialement en France. Sans qu'on en ait gardé conscience, les idées de Suess ont influencé la géologie mondiale jusqu'au milieu du XX^e siècle. Ainsi, dans la préface de sa *Géologie stratigraphique*, dont les éditions successives, de 1926 à 1950, ont nourri les futurs géologues dans les universités francophones, M. Gignoux (1881–1955) a écrit que « la plupart des idées synthétiques [de son ouvrage] ont été empruntées au traité de Haug [lui-même émule de Suess] et à *La face de la Terre*, de E. Suess. »

Si de nombreuses publications en langue allemande (listes in [12,13]) ont décrit la vie et les travaux de Suess, on ne possède en langue française que le bref éloge [23] de P. Termier en 1914 et une rapide analyse de G. Gohau [7]. Et pourtant, Suess possédait maints amis et admirateurs en France. Ainsi avait-il été élu à l'Académie des sciences de Paris : ce fut d'abord comme correspondant, le 16 décembre 1889. Le rapport de présentation fut écrit par le très respecté Auguste Daubrée (1814–1896), bien connu par ses recherches en géologie physique et expérimentale. Le courrier échangé entre les deux hommes (1878 à 1895) prouve l'estime mutuelle qu'ils se portaient.

Le maître autrichien, très sensible à son élection, remercia l'Académie (Fig. 1), le 28 décembre suivant (dossier Suess: Arch. Acad. Sci. Paris), en l'assurant que « cette haute distinction [...] offerte par une corporation, dont la gloire couvre le globe, excite l'orgueil et la gratitude. Au-delà de l'été de sa vie¹, on se sent rajeunir par les nouveaux devoirs envers la Science qui en jaillissent, et élevé à la face de ce fait sublime, que sur cette terre il y a au-dessus de la zone des courants et des brumes, une région calme et sereine, dans laquelle le dévoilement des lois de la nature et les triomphes d'une humanité ennoblie se préparent et s'accomplissent. »

Le même jour, Suess écrit à Daubrée (Ms 2431: bibl. Institut de France) qui avait, dans son rapport de présentation, fait allusion à la théorie de la contraction de la Terre. Il évoque humoristiquement celui qui, avant lui, a fait de cette notion la base de son système et ajoute : « c'est Élie de Beaumont, auquel appartient le mérite d'avoir le premier osé une grande synthèse orogénique. Mais la ligne droite [des “systèmes de montagne” d'Élie] et la notion géométrique devaient nécessairement, selon l'organisation spéciale de l'esprit humain, devancer la ligne courbe [celle que Suess reconnaît dans ses “virgations” et “arcs”], comme en

botanique le système artificiel de Linné devait devancer le système naturel. C'est un procès psychologique qui s'est consommé dans la totalité du monde scientifique, et dont on s'aperçoit d'une manière tellement graphique. » Et s'exprimant, un peu par fausse modestie, comme un simple observateur des faits, Suess enterre la construction d'Élie de Beaumont : « Des résultats, comme la reconstruction répétée [= des chaînes successives] du sol de l'Europe sont simplement inscrits dans nos cartes et se livrent dans ces cartes ! » Ainsi Suess, ayant déjà écrit les deux premiers tomes de *Das Anlitz der Erde*, veut-il remplacer, au contact des faits, le système « artificiel » et « géométrique » d'Élie de Beaumont par un nouveau système, plus réaliste.

Correspondant de l'Académie en 1889, le maître viennois eut la surprise, le 30 avril 1900, de se trouver « promu » – apparemment sans bien comprendre la différence – parmi les huit « associés étrangers » que comptait alors, toutes disciplines confondues, l'Académie des sciences. Cela se passa tout naturellement, car ses bons amis Auguste Michel-Lévy et Marcel Bertrand (qui était – cela ne nuisait pas ! – fils d'un secrétaire perpétuel de l'époque) faisaient, outre son autre relation Fernand Fouqué, partie de la section de minéralogie. Suess était alors, selon Termier [23], « mieux connu, plus apprécié et plus admiré à Paris qu'à Vienne ». Venu en novembre 1895 aux cérémonies du centenaire de la création de l'Institut de France, il avait été l'objet d'une réception chez Auguste Michel-Lévy, « au milieu de cette brillante école française, éclosée depuis un petit nombre d'années et si pleine de vrai zèle scientifique et de cette sympathie mutuelle qui forme une école [...] » (lettre du 25 novembre 1895) : il fait ici allusion à la pléiade de brillants géologues, ingénieurs des Mines, qui devaient, ce soir-là, être rassemblés chez leur chef, bientôt directeur du service de la Carte géologique.

2. La jeunesse de Suess

Suess a laissé [22] des *Souvenirs (Erinnerungen)* posthumes. Sa famille paternelle, a indiqué son fils Franz Eduard Suess – qui sera, de 1911 à 1937, son successeur à l'Institut géologique de l'université de Vienne –, de confession protestante, était établie en Saxe depuis le XVII^e siècle. Le père d'Eduard possédait une entreprise de laine à Londres, où l'enfant naquit le 20 août 1831. La famille se retira à Prague dès 1834. Sa mère, de religion juive, appartenait à une famille qui y avait gagné une grande fortune dans la banque. Ainsi Eduard fut-il élevé par des précepteurs, puis au lycée Clementinum à Prague. Quand il eut 14 ans, la famille

¹ Suess avait alors 58 ans.

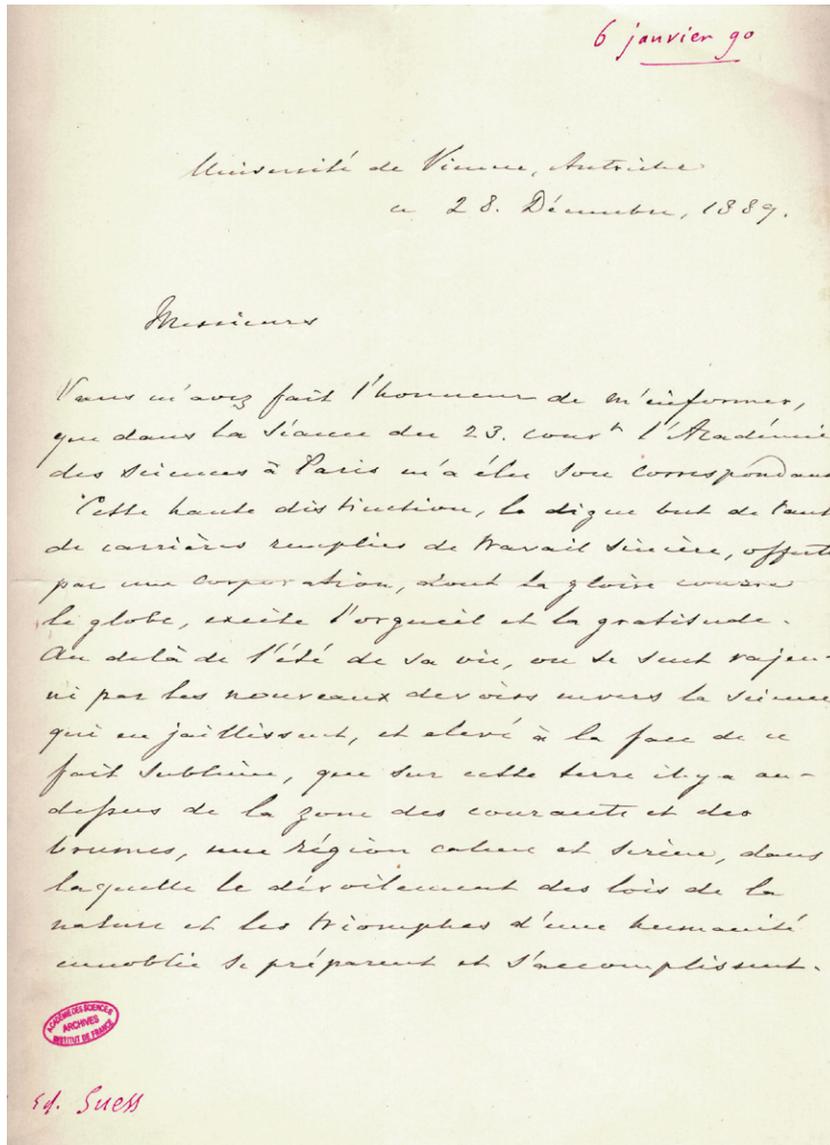


Fig. 1. Lettre de remerciement d'E. Suess aux secrétaires perpétuels à la suite de son élection (1889) à l'Académie des sciences (Arch. Acad. Sci. Paris).

Fig. 1. Letter of thanks of E. Suess to the Perpetual Secretaries on the occasion of his election to the French Academy of Sciences (Arch. Acad. Sci. Paris).

Suess s'installa à Vienne, où le père d'Eduard avait hérité d'une fabrique de cuir. À l'issue de ses études secondaires à l'Akademisches Gymnasium, l'adolescent entra au Polytechnikum de Vienne, l'actuelle Université technique. Éclatent alors les troubles qui secouent l'Europe en 1848 : avec certains de ses professeurs et de ses condisciples, le jeune étudiant se retrouve dans une « légion académique », parmi les révolutionnaires dont le mouvement fut, après des succès initiaux, maté par le gouvernement impérial. Eduard jugea bon de s'éloigner en Bohême, où il

continua ses études à l'Institut polytechnique de Prague. En cette année 1849, avant de revenir dans la capitale autrichienne, il fréquente le Musée national de Prague et fait des excursions dans les formations géologiques très fossilifères des environs : ainsi naquit sa vocation de paléontologiste.

3. Suess, paléontologiste, et son œuvre

H. Zapfe [30] a joint, à son article sur Suess, paléontologiste, une liste de la soixantaine de notes

écrites par ce dernier, quasi toutes entre 1851 et 1874. Il n'a pas vingt ans quand paraît son article sur les graptolites du Silurien de Bohême, qui, selon K. von Zittel [31], ne fit guère progresser la science et attira à son auteur une volée de bois vert de Joachim Barrande (1799–1883), le réputé paléontologiste du Paléozoïque. Ce début était décevant !

Suess venait, en regagnant Vienne, d'interrompre définitivement ses études supérieures et il entra en 1852 comme assistant au « cabinet des minéraux » du Muséum d'histoire naturelle de Vienne. Son mariage avec Hermine Strauss, la nièce de P.M. Partsch (1791–1856), qui était directeur de cette institution depuis 1851, facilita sans doute la future carrière de Suess dans le musée.

3.1. Travaux sur les Brachiopodes

De 1852 à 1858, Suess est chargé d'étudier les nombreux brachiopodes du Muséum, en particulier ceux du Trias des hautes Alpes calcaires et du Jurassique carpatique de Stramberg. Le jeune Eduard sollicite les avis du grand spécialiste écossais T. Davidson (1817–1885) dont il traduit en 1856 les *British fossil Brachiopoda* (1853). En France, G. Deshayes (1796–1875) présente [5] à la Société géologique un texte de Suess, où les brachiopodes sont replacés dans quatre bandes climatiques des mers d'Europe, allant d'une zone arctique à une zone méditerranéenne. Ses études vont contribuer à fixer les rapports stratigraphiques, jusqu'alors indécis, entre certains horizons du Trias « germanique » de l'Europe du Nord-Ouest (couches à *Avicula contorta*) et les puissants sédiments carbonatés et de mer ouverte du Trias « alpin » (Rhétien en particulier).

3.2. Travaux sur les Ammonites

Ce sont, cependant, ses considérations sur les Ammonites qui assoiront la réputation de Suess en paléontologie : « le pas décisif pour [les] subdiviser fut hasardé par Suess en 1865 » [31]. Dans un court mémoire, il remplace la nomenclature jusque là adjectivée des espèces connues pour en faire des noms de genres (*Phylloceras*, *Lytoceras*, *Arcestes*...). Le jeune Suess suscite une levée de boucliers, mais, ayant obtenu l'accord de l'américain Hyatt et d'autres spécialistes, son initiative l'emporte.

3.3. Les Mammifères et la stratigraphie du bassin de Vienne

Suess va s'attaquer à l'étude de ce bassin, qui masque la jonction entre Alpes et Carpates. L'importance

de son mémoire est telle que Deshayes en donna une version française [15] à Paris. Sont distingués trois ensembles, montrant trois associations différentes de mammifères, et que séparent des « soulèvements », c'est-à-dire des discordances : on remarquera qu'à cette date (1861), la pensée d'Élie de Beaumont influence encore Suess. Les faciès « méditerranéens » d'un ensemble inférieur s'opposent à ceux d'un ensemble marin plus jeune « à faune d'Europe orientale », sous les couches à Congéries. C'est l'ébauche de la future notion des « étages méditerranéens » néogènes de Suess.

Devenu l'un des conservateurs du Muséum de Vienne, Suess fut chargé en 1856 par son directeur, P.M. Partsch, d'entreprendre un long voyage en Europe occidentale. Les raisons en étaient multiples : entrer en contact avec les géologues de ces divers pays, examiner leurs collections paléontologiques, effectuer des achats d'échantillons pour enrichir le Muséum de Vienne (où se trouvent toujours ces importantes acquisitions). Il visite ainsi la Pologne, la Bohême, où il achète la collection de L. Hohenegger (1807–1864), l'Allemagne, les Pays-Bas et la Belgique, où il rencontre des géologues réputés, J. Dewalque, L.G. De Koninck et André Dumont. On le suit enfin en France : il voit ainsi à Paris l'académicien globe-trotter E. de Verneuil et G. Deshayes, qui allait un jour devenir professeur au Muséum d'histoire naturelle. À Caen, il est reçu dans la famille du professeur Jacques Eudes-Deslongchamps (1794–1867), dont le fils Eugène (1830–1899) achevait sa thèse sur le Jurassique de Normandie et partageait l'attirance de son confrère viennois pour les brachiopodes.

En dépit de son jeune âge, 25 ans, Eduard Suess avait ainsi attiré l'attention de géologues de haut niveau, appartenant à la génération des créateurs de la géologie. Et, dès ces années 1850, il est admis dans diverses sociétés scientifiques de France (Société linnéenne de Normandie), d'Allemagne (Deutsche geologische Gesellschaft) et d'Angleterre (Palaeontographical Society of London). Ceci explique que, revenu à Vienne, auréolé des résultats de son périple, Suess, en mars 1857, sollicite les autorités de la faculté des lettres (à laquelle les matières scientifiques étaient alors rattachées) afin d'y donner un enseignement « extraordinaire » de paléontologie (non rétribué par la faculté). L'examen de la demande fut confié au professeur F.X.M. Zippe, minéralogiste. Ce dernier nota que le candidat ne possédait pas le doctorat [12]. Son avis négatif fut partagé par le corps enseignant de la faculté. C'était mal connaître Suess que de croire qu'il allait se soumettre à cette décision ! Trois mois plus tard, il s'adressa directement au ministre des Affaires

culturelles, le comte de Thun-Hohenstein, afin d'être nommé professeur titulaire de paléontologie. Le ministre, qui avait déjà favorisé plusieurs autres jeunes savants, appuya la requête du jeune Eduard, qui allait donc être nommé par l'empereur François-Joseph dans la première chaire de paléontologie d'une université autrichienne. Il est piquant de se rappeler qu'en 1853, à Paris, le grand paléontologiste Alcide d'Orbigny (1802–1857) avait de même obtenu, grâce à l'empereur Napoléon III, la création de la chaire de paléontologie du Muséum d'histoire naturelle, et cela contre l'avis de l'assemblée des professeurs de cet établissement [28] !

Ainsi, Suess, abandonnant en 1862 son poste au Muséum d'histoire naturelle, va-t-il occuper la chaire de géologie de l'université comme « professeur extraordinaire », et cela jusqu'en 1867, date où il deviendra professeur titulaire, jusqu'à sa retraite en 1901.

En 1867, il était élu membre de l'Académie impériale des sciences de Vienne (fondée en 1847), dont il avait déjà été choisi comme correspondant dès l'âge de 28 ans. Par la suite, il en occupera divers offices [13] : secrétaire de la section des sciences mathématiques–sciences naturelles, 1885 ; secrétaire général, 1891 ; vice-président, 1893. Il présidera enfin l'Académie de 1898 à 1911, la durée de ce mandat témoignant de l'exceptionnel prestige qu'il avait acquis auprès de ses pairs. (Fig. 2).

4. La période de *Die Entstehung der Alpen (La formation des Alpes)*

Suess est parvenu, avant la quarantaine, à ses buts professionnels. Sa réputation de paléontologiste et de géologue des formations sédimentaires d'Europe centrale est établie. Renonçant vers 1870 à l'observation sur le terrain, nous a dit Termier (in [19] (III, Épilogue)), son activité se transforme.

Dès 1861, son ouvrage *Der Boden der Stadt Wien* avait montré son intérêt pour la ville de Vienne. Ses activités dans le domaine municipal [13], comme conseiller de 1863 à 1873, furent multiples. Il est à l'origine de la construction d'un aqueduc (1870–1873) amenant les eaux des Alpes dans la capitale, jusqu'alors alimentée par les eaux insalubres des puits et du Danube. Il impose un détournement du fleuve (1870–1875) au niveau de la ville, pour épargner à celle-ci de périodiques inondations catastrophiques. De même, jouera-t-il plus tard un rôle politique, actif mais discuté du fait de ses options « libérales », à la chambre des députés d'Autriche (1873–1897), après avoir été



Fig. 2. Eduard Suess à 38 ans, à la fin de sa période comme paléontologiste. (Extrait des *Erinnerungen*, 1916 [22] (p. 128), reproduit par E. de Margerie [10] (I, p. 374).

Fig. 2. Eduard Suess, 38 years old, at the end of his palaeontological period (*Erinnerungen*, 1916 [22] (p. 128); reproduced by E. de Margerie [10] (I, p. 374).

membre du gouvernement régional de Basse-Autriche (1870–1874).

Suess ne sortira plus que rarement d'Autriche. Il s'abstient de paraître lors des cinq premiers congrès géologiques internationaux (1878 à 1891). Il se rendra cependant au congrès de Zurich (1894), où il a accepté de venir, mais à contrecœur et après plusieurs sollicitations [6] : invité à prononcer une des conférences inaugurales, il comparera les Alpes septentrionales et méridionales, mais il ne fournira pas de manuscrit ! Et au congrès de Vienne (1903), s'il consent à présider le comité provisoire, et s'il est élu par acclamations comme président de cette 9^e session, il doit être aussitôt remplacé par Emil Tietze, prétextant qu'« il ne peut se charger de fonctions que pendant le commencement du travail. »

L'explication de ces absences doit être que Suess, déjà fort occupé par ses charges, prépare une synthèse des connaissances géologiques sur le globe. Cela se passera en deux temps. Avant *Das Antlitz der Erde*, à

partir de 1880, ce sera un essai sur les Alpes : *Die Entstehung der Alpen* [18]. La lecture de cet ouvrage par Marcel Bertrand (1847–1907), aurait jeté « soudainement dans un enthousiasme sans bornes » (Termier, in [19] (III, Épilogue)) le jeune ingénieur des Mines dont la vocation avait été jusqu'alors incertaine : le futur héraut des nappes de charriage en avait un certain mérite, car cet ouvrage est totalement privé d'illustrations ! La conclusion essentielle de Suess est que la chaîne Alpine est « une », qu'elle résulte « du refoulement d'un pays qui graduellement se plisse contre le rebord inébranlable d'un avant-pays » (Termier). Le « système alpin » (*Alpensystem*) s'étend de l'Apennin jusqu'aux Carpates et aux « Alpes dinariques » (*Dinarische Alpen*), baptisées – selon Haug [9] (p. 17) – d'après un Monte Dinara, dans les Alpes illyriennes. Plus loin, dans un bref regard sur l'Asie, Suess estime que le Tertiaire, au pied sud de l'Himalaya, est l'homologue de la Molasse située au nord des Alpes. Comme ces deux chaînes bousculent et chevauchent ces formations, il en conclut que la poussée tectonique s'est exercée dans des sens opposés, vers le nord en Europe, vers le sud en Asie.

Une charge contre les théories d'Élie de Beaumont témoigne que celles-ci n'étaient pas encore tout à fait oubliées. Suess refuse le principe de mouvements de bas en haut (les « soulèvements ») et définit un nouveau corps de doctrine :

- (1) les grandes chaînes plissées dérivent fréquemment de « géosynclinaux » (cf. Dana) à sédiments pélagiques, et demandent de longues périodes de préparation ;
- (2) la plupart des systèmes montagneux résultent du plissement des formations les plus superficielles du globe ; leur structure unilatérale est le résultat d'une compression horizontale orientée dans une direction définie ;
- (3) la progression de ces « grandes vagues solides » est parfois déviée par la présence, à l'avant, de blocs anciens indurés ; ainsi les « horsts » d'Europe centrale (Bohême, etc.) ont modifié la poussée du système alpin, qui se fait vers le nord-ouest, le nord et le nord-est, suivant les secteurs ;
- (4) la partie arrière (le « versant intérieur ») d'un large système plissé en cours de déplacement peut montrer des plis à rebours (*Rückfaltung*) et aussi se fracturer et s'affaisser, avec parfois montée de roches volcaniques (arrière des Carpates, etc.).

Comme ses devanciers, Suess considère que la cause essentielle des plissements est due au refroidissement

du globe. Zittel [31] note que la théorie de la contraction adoptée par Suess a recueilli un assentiment universel. Par la suite, ce dernier l'exprimera dans une phrase lapidaire [19] (I, p. 823) : « C'est à l'écroulement du globe terrestre que nous assistons. » En 1924, bien que « cette théorie soit devenue en contradiction avec toutes les données nouvelles de la géophysique », Wegener notera [29] à regret qu'elle « figure encore aujourd'hui² dans les traités de géologie, au chapitre des lois fondamentales. »

5. De l'édition de *Das Antlitz der Erde* à celle de *La face de la Terre*

Die Entstehung der Alpen était un galop d'essai. La grande œuvre de Suess allait suivre et s'étaler sur près de 25 ans. Les deux parties du tome I de *l'Antlitz der Erde* (779 p.), sur « les mouvements de la croûte extérieure du globe » puis sur « les montagnes de la terre », paraissent en 1883 et 1885. Le tome II (704 p.) sur « les mers du globe », suit en 1888. Quant au tome III (508 p. [Partie 1], 789 p. [partie 2], plus 158 p. [index]), dans lequel Suess complète et actualise ses descriptions des chaînes – dont la connaissance avait fait depuis deux décennies de grands progrès –, en particulier dans ses « Analyses finales », il parut de 1900 (1^{re} partie) à 1909 (2^e partie).

L'historique de l'édition en français (*La face de la Terre* [19]) a été donné dans le tome II [10] (pp. 374–479) de l'énorme compilation *Critique et Géologie* par Emmanuel de Margerie (1862–1953). Celui-ci a rapporté qu'en 1883, lors d'un voyage en Suisse, il remarqua chez un libraire de Zurich le premier tome, tout frais paru, de *Das Antlitz der Erde* que, connaissant l'allemand, il lut aussitôt. L'idée de le traduire germa progressivement, et il dit y avoir été encouragé par Albert de Lapparent et Marcel Bertrand.

Avant d'entreprendre la traduction, de Margerie rechercha et trouva enfin un éditeur, Armand Colin, qui accepta de tenter l'aventure : celui-ci en sera récompensé car, de 1897 à 1947, 18 000 exemplaires de *La face de la Terre* furent vendus. Pour la traduction, de Margerie s'entoura de sept géographes et de sept géologues, tous de haut niveau et connaissant l'allemand. Les plus efficaces furent le géographe Henri Baulig, les géologues Charles Jacob et Charles Depéret. Après la parution du tome II, de Margerie s'avoua découragé par suite des insuffisances de la traduction de certains de ses collaborateurs, et il dut se charger de la quasi-totalité du tome III. Selon le tableau qu'il en donne, il dut traduire

² C'est-à-dire en 1924.

1427 pages, l'ensemble de ses collaborateurs se chargeant de 2200 autres pages. Il est incontestable que l'édition de *La face de la Terre* doit lui être attribuée : ce fut le légitime titre de gloire de son existence.

La face de la Terre n'est pas une simple traduction. L'ouvrage de Suess était pauvre en illustrations. Avec l'autorisation du maître viennois, deux améliorations considérables furent apportées : d'abord par l'ajout de 500 nouvelles figures, extraites d'ouvrages cités par Suess en notes infrapaginales ou de publications nouvelles, parues dans l'intervalle entre les deux éditions en allemand, puis en français. En outre, de longs commentaires de bas de page furent écrits, citant des publications nouvelles ou des ouvrages, spécialement en langue française, inconnus de Suess. Du coup, le volume total de « La face de la Terre » est beaucoup plus grand que celui de « Das Antlitz der Erde ».

La traduction parut de 1897, pour le tome I, à 1918, pour le tome III, avec de précieuses tables générales, qui permettent de se retrouver dans un ouvrage touffu où la longueur de la rédaction eut comme conséquence des réexamens de certaines questions. Eduard Suess avait disparu depuis quatre ans quand l'ultime page de *La face de la Terre* fut distribuée. Le vieil homme n'avait pas éprouvé le chagrin de voir le dépeçage de l'Empire austro-hongrois aux traités de Saint-Germain-en-Laye et de Trianon. Il était mort à la veille de la Grande Guerre, le 26 avril 1914, à son domicile de Marz, dans le Burgenland, où il fut inhumé.

6. « La face de la Terre » : mécanismes dynamiques de la croûte

Les commentateurs de l'œuvre de Suess se sont étonnés que le premier chapitre concerne... le Déluge ! Les géologues s'étaient en effet, depuis longtemps, dégagés de l'idée d'un déluge universel. De Margerie [10] a vu dans ce texte « la vénération instinctive d'Israël pour tout ce qui touche au livre par excellence, la Bible ». C'est d'ailleurs suivant le récit biblique que Suess, en 1869, avait recherché sur place l'explication du mythe du Déluge. Il conclut qu'il s'était probablement agi de la combinaison d'un séisme et d'un cyclone – à la manière d'un tsunami – ayant amené l'invasion marine temporaire de la Mésopotamie [19] (I, pp. 94–95).

Suess traita ensuite de la *sismicité* et du *volcanisme*. En 1873–1874, il avait recherché les causes des tremblements de terre affectant périodiquement la Basse-Autriche. À cette époque, on avait souvent tendance à associer sismicité et volcanisme. De ce fait, Suess fut amené à parcourir la péninsule Italienne, où les deux types de phénomènes se manifestent intensément.

Il examinera ainsi les îles Éoliennes, la Sicile et la Calabre. De cet examen, il conclut à l'absence de relation directe entre volcanisme et sismicité, celle-ci étant liée aux accidents tectoniques.

La principale préoccupation du maître viennois s'appliquera cependant aux *dislocations* à l'origine des chaînes de montagne. Pour lui, les efforts tangentiels dirigés sont l'explication essentielle des plis, décrochements et chevauchements. Une conclusion essentielle de Suess, qu'il semble avoir été le premier à émettre, est la « dissymétrie des chaînes de montagne », qui suivent des « lignes directrices » (*Leitlinien*). Une chaîne plissée est encadrée par [19] (I, pp. 235 et 356) un « arrière-pays » (*Rückland*) et un « avant-pays » (*Vorland*) : ainsi s'opposent une partie « intérieure » et une partie « extérieure » des chaînes (on aurait pu traduire par « interne » et « externe »). De ce dernier côté, on trouve souvent une dépression, qui se garnit de dépôts que la chaîne a tendance à chevaucher : « ce ne sont pas des fosses dans le sens habituel du mot ; leurs deux bords ont une structure différente, et il est préférable, par conséquent, de les nommer des “avant-fosses” (*Vorgräben*) [19] (III, p. 1012). Cette polarité dans le développement des chaînes plissées a été qualifiée par Bailey [2] de « *Suess law of one-way tectonic traffic, a law that covers the vast majority of cases where low-angled thrusting is involved.* »

Si les *efforts tangentiels*, liés pour Suess à la diminution de volume de la planète, sont des phénomènes structuraux essentiels, les *efforts radiaux*, ou verticaux, n'en existent pas moins, le long des fractures, spécialement en dehors des zones plissées. Suess refuse cependant – en opposition systématique à Élie de Beaumont ! – l'existence de « soulèvements », et privilégie le rôle des « affaissements ». Parmi les fractures, il distingue les « décrochements » (Blatt [19] (I, pp. 149–157)), « fentes [...] à striage horizontal », les « flexures », les failles à disposition rayonnante liées à des « champs d'affaissement » et surtout des fossés d'effondrement, les *graben*, que séparent des compartiments hauts, les *horst* [19] (I, p. 163) : ces deux derniers termes des mineurs allemands, ainsi introduits dans la langue géologique par Suess, ont acquis un usage universel. Il définit également les « surfaces listriques », failles de glissement redressées en surface et de moins en moins inclinées vers le bas [19] (III, p. 1444).

7. « La face de la Terre » : océans et continents

La constitution de la croûte terrestre est implicitement tenue comme uniforme, que ce soit sous les continents ou sous les océans.

7.1. Les océans

L'origine des océans est restée une préoccupation constante de Suess, qui affirme que, s'ils ont été formés à des époques différentes, les grands océans sont tous « des aires d'affaissement », limitées par des fractures. Il tiendra à l'affirmer dans deux notes parues, l'une à Londres, l'autre à Paris [21] : « *this descent of parts of the earth crust seems to be the true origin of the great oceanic basins.* » [20]. Il faudra attendre Wegener et les tenants de la dynamique wegenérienne pour envisager que les aires océaniques puissent apparaître ou disparaître par écartement ou rapprochement des blocs continentaux.

Suess oppose un « type Pacifique », où les rivages sont déterminés par les lignes directrices de grandes chaînes de montagne (leurs parties externes étant dirigées vers l'océan) et un « type Atlantique » – avec l'océan Indien –, dont les côtes recourent les directions structurales des chaînes de montagne (dont la partie externe est souvent dirigée vers le continent). Singulièrement, l'océan Pacifique est le plus ancien : la répartition des sédiments triasiques à son pourtour prouve son existence au Trias [21]. L'océan Atlantique est d'un tout autre type. Pour Suess, il résulte d'un affaissement de la croûte au début du Miocène.

Les « guirlandes insulaires » ont particulièrement inspiré Suess. Il réserve le terme aux éléments d'une « virgation gigantesque de l'Asie orientale », qu'il prolonge jusqu'à la chaîne des Cascades, en passant par les Aléoutiennes et l'Alaska. Transversalement, les « guirlandes insulaires » lui montrent trois zones : du côté du continent, on trouve de longs alignements volcaniques ; ceux-ci, par l'intermédiaire de « cordillères » (ou « tronçons de cordillères »), sont bordés, du côté de l'océan, par des « avant-fosses » longues et étroites, beaucoup plus profondes que l'océan lui-même.

Les « Océanides » de Suess sont les structures linéaires observables de la Nouvelle-Zélande à la Nouvelle-Guinée, avec les arcs qui les affectent. Elles ne montrent « aucune différence fondamentale d'allure » [19] (III, p. 1405) avec les guirlandes insulaires. On reconnaîtra, dans ces structures péri-pacifiques, les « arcs insulaires » de l'actuelle tectonique des plaques.

7.2. Les continents

Les continents résultent, pour Suess, des contractions de toute la croûte, à la différence des chaînes plissées qui suivent des bandes localisées. On peut ainsi distinguer trois grands ensembles. Au sud, c'est le

« Gondwana », figé depuis un lointain passé et qui, outre l'Afrique sud-saharienne, s'augmentait – avant l'effondrement de l'océan Indien et de l'Atlantique sud – du Brésil, de Madagascar et de l'Inde péninsulaire. On sait [24] que ce concept a été pressenti chez divers auteurs, J. Marcou dès 1860, H.F. Blanford en 1875 (avec son *Indo-Oceanic Land*) et le propre gendre de Suess, Neumayr, parlera en 1885 de *Brasilianisch-Äthiopischer Kontinent* [11]. Suess, en utilisant le nom d'une formation du Dekkan, trouva une dénomination brève et qui fut adoptée par tous : « Nous [...] donnons le nom du Continent de Gondwana, d'après l'ancienne flore [permienne, à *Glossopteris*] commune à ses différentes parties » [19] (I, pp. 813–814).

Au nord du Gondwana, l'« Indo-Afrique » se différencie par l'absence de plissements après le Paléozoïque et par les transgressions au Crétacé et au début du Tertiaire. Enfin, succède ce qui reste de l'Ancien Monde : « On peut [lui] donner le nom d'Eurasia » [19] (I, p. 814). Ce dernier ensemble – dont le nom est toujours utilisé – est riche en chaînes plissées, la plus méridionale étant, en Afrique du Nord, poussée vers le sud vers l'« Indo-Afrique ».

Viennent enfin des continents passés hypothétiques ! Suess suppose ainsi qu'a existé, avant son « effondrement », un ancien continent nord-atlantique, pour lequel il reprend le terme de Platon, l'« Atlantide », dont Haug dira que « l'existence est aujourd'hui³ généralement admise » et que P. Termier acceptera à son tour. . .

7.3. La Téthys

Il a enfin existé, proclame Suess, depuis le Trias, un domaine océanique s'étendant d'est en ouest, émanant à l'ouest du Pacifique, courant « à travers l'Asie centrale et les Alpes jusqu'à la Méditerranée centrale » (*Zentrale Mittelmeer*) que Neumayr avait définie en 1885 [11] comme une zone paléogéographique où vivait, au Jurassique, une association particulière d'ammonites « méditerranéennes ». Peu après, afin – dit-il – d'éviter une confusion terminologique (avec la Méditerranée actuelle), il invente un nouveau terme : « *This ocean we designate by the name « Tethys », after the sister and consort of Oceanus. The latest successor of the Tethyan Sea is the present Mediterranean* » [20]. La Téthys a aujourd'hui disparu, sauf dans « certaines parties de la Méditerranée actuelle, beaucoup plus anciennes (croit-il !) que l'Atlantique » [21]. Partout

³ En 1903.

ailleurs, « *the folded and crumpled deposits of this ocean stand forth to heaven in Thibet Himalaya, and the Alps* » [20], ou se sont abîmés sous les flots à la suite de l'« effondrement » atlantique.

Le succès de la notion de Téthys a été prodigieux et dure toujours. A.M.C. Şengör [14] a proclamé : « *an entire way of thinking about the past and about the behaviour of our planet is hidden* », dans une longue et très documentée mise au point sur la Téthys.

7.4. Les grandes chaînes de l'Eurasie

Le sujet va, ici encore, donner lieu à des propositions essentielles du maître viennois. Précisons d'abord que les formations antépaléozoïques, dites « archéennes » à la suite de J.D. Dana, restaient presque inconnues. Pour Suess, « tous les terrains archéens du globe ont subi un plissement ou une compression équivalente [...], la force plissante a jadis agi sur toute l'étendue du globe, tandis qu'elle est localisée aujourd'hui dans des régions spéciales ».

La paternité de la classique subdivision des grandes chaînes plissées d'Europe est de Suess. Marcel Bertrand [3] – à qui on l'attribue souvent – a écrit en 1888 que « les beaux travaux de M. Suess ont montré qu'il y a eu successivement en Europe trois grandes zones de plissement, trois grandes chaînes. » Effectivement, ce dernier [19] (II, p. 838) a reconnu « trois chaînes de plissement principales [...] refoulées vers le nord : la plus septentrionale, la chaîne Calédonienne, antédévonienne » ; « la seconde [...] antépermienne », comprenant un segment occidental, « l'arc armoricain » NW–SE, relié par un rebroussement à un segment oriental, « l'arc Varisque » [19] (III, p. 247)] ; il étendra cette chaîne à l'Asie, dans ses « Altaïdes », terme qui ne « réussira » pas ! Enfin, une « troisième chaîne », pour laquelle il hasardera finalement [19] (III, p. 693) le terme « Alpides », s'est édifiée « à l'intérieur des Altaïdes », ce qui justifie d'y voir des « Altaïdes posthumes. » À la fin du tome III de « La face de la Terre », un essai, daté de 1908, traduit graphiquement, à l'échelle du 1:5,000,000^e, la situation des grandes chaînes d'Europe : aux Calédonides, « Altaïdes » et « Altaïdes posthumes » (Suess ne s'est manifestement pas rallié aux termes de Bertrand), sont ajoutées des « Ouralides » et une « chaîne Cimmérienne » en Europe orientale.

Marcel Bertrand [4] a, en effet, développé les conceptions de Suess. Il reprend le terme de « chaîne Calédonienne » (qu'il borde au nord-ouest par un faisceau plus ancien, la « chaîne Huronienne », terme qui a perdu sa valeur). Sa « chaîne Hercynienne » regroupe

les rameaux armoricain et Varisque de Suess. Et surtout, il introduit l'appellation de « chaîne Alpine ».

Les deux auteurs sont à peu près d'accord pour représenter la situation des trois chaînes en Europe. Le célèbre schéma de Bertrand [4] (fig. 376) peut être comparé à celui de Suess (Fig. 3), où les lignes directrices du système alpin sont plus nettement esquissées. C'est dans ce système que Suess va plus spécialement aborder deux questions particulières, les virgations et les nappes de charriage.

7.4.1. Les virgations [19] (I, p. 356).

Cinq arcs bandés vers le sud s'alignent d'est en ouest [19] (I, p. 672) : l'arc Malais, l'arc de l'Himalaya, l'arc de l'Hindou-Kouch, l'arc Iranien, l'arc Dinaro-Taurique. Celui-ci se soude aux chaînes de Méditerranée occidentale qui, globalement, ont aussi une forme arquée. Dans l'Apennin, la partie externe, « tournée vers l'est », se relie par une courbure entre Calabre et Sicile, à « la grande chaîne d'Afrique du Nord » (dont Suess sépare nettement « le Grand Atlas marocain ») déplacée, elle, vers le sud. Enfin, « dans le Rif et jusqu'aux abords des colonnes d'Hercule, les chaînes de l'Afrique septentrionale tournent vers le nord en décrivant un grand arc de cercle et nous ramènent en Espagne » [19] (I, p. 295 ; III, p. 886). Ainsi était prophétiquement annoncée l'existence d'un arc de Gibraltar géologique, qui ne fut définitivement prouvée qu'après 1955. Pour Suess, les Alpides présentent un maximum de déviations, car elles ont pris naissance « à l'intérieur des affaissements des Altaïdes occidentales » (= le système hercynien d'Europe). Ces « plis encadrés posthumes » d'âge Tertiaire se moulent autour de noyaux anciens, ce qui expliquerait les courbures de Méditerranée occidentale, celle entre Apennin et Alpes, et celle des Portes de Fer entre Carpates et Balkan. Il s'agit de « virgations forcées ».

7.4.2. Les nappes de charriage

La conscience de leur importance apparaît vraiment avec le tome II de l'« Antlitz ». Jusque là, il est tout au plus parlé de « structures d'écaillés » se chevauchant (*Schuppenstruktur* [19] (I, pp. 145–148)). En 1888, Suess peut faire état des grands charriages calédoniens du Moine, en Écosse (Lapworth et autres, de 1883 à 1885), comme aussi de ceux de Scandinavie (Törnebohm, 1888) qu'il avait visitée en 1885 [22] et dont la flèche de déplacement « atteindrait 100 km ». Dans le système alpin, il rappelle [19] (III, p. 695) que « la possibilité du transport des masses (charriage) était démontrée » par la comparaison que fit Marcel Bertrand en 1884 avec les chevauchements – déjà connus – du

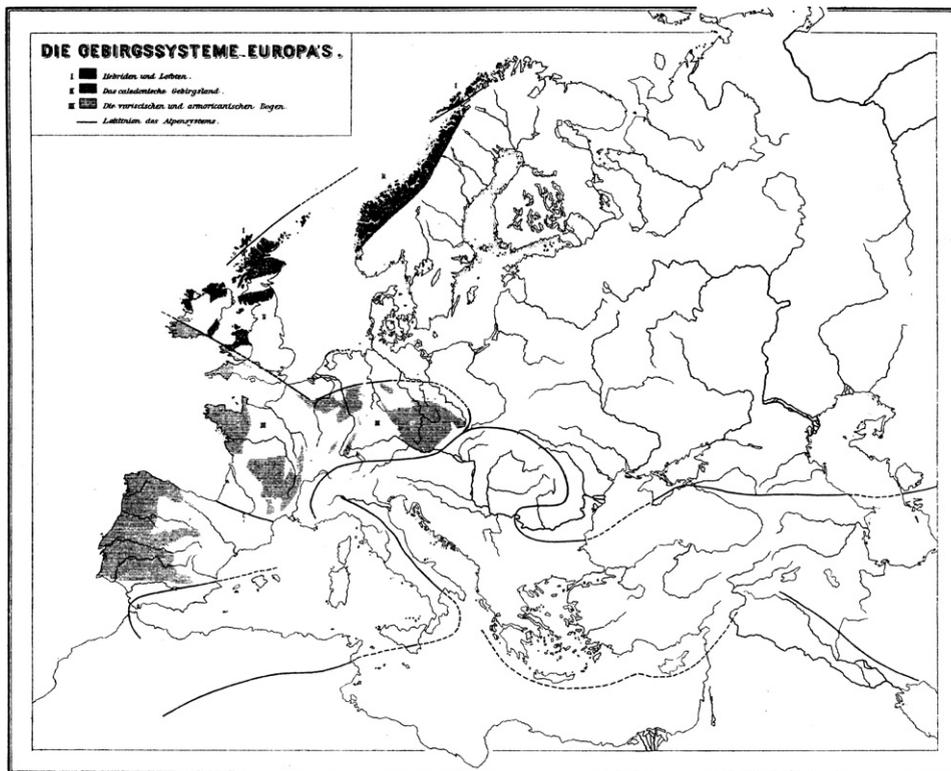


Fig. 3. Les systèmes de montagne de l'Europe, d'après E. Suess, 1890 (figure reproduite par E. de Margerie [10] (I, p. 407)). I, Hébrides-Lofoten ; II, chaîne Calédonnienne ; III, arc Varisque-Armoricain.–directrices du système alpin.

Fig. 3. The systems of the mountain chains of Europe, according to E. Suess, 1890. (illustration reproduced by E. de Margerie [10] (I, p. 407)). I, Hebridean-Lofoten domain; II, Caledonian chain; III, Variscan-Armorican Arc.–Alpine system lines.

bassin houiller franco-belge. Il s'agit de la remarquable intuition qu'eut Bertrand dans l'interprétation en nappe unique du prétendu « double pli de Glaris » [27]. On est cependant surpris que Suess attribue à Albert Heim, dont les « travaux classiques [...] ont éclairci la face des choses » [19] (III, pp. 718–725 et 1447), le bénéfice d'une interprétation que ce dernier avait longuement et obstinément refusée !

Les découvertes des charriages alpins se succèdent rapidement à partir de 1900. De ce fait, Suess avoue [19] (III, p. 5) que « les hypothèses les plus hardies qu'on pouvait avancer, il y a seulement quelques années, sur l'importance des mouvements horizontaux demeuraient bien au-dessous de la réalité... » Après que les géologues français et suisses, avec Marcel Bertrand à leur tête, eurent montré la fréquence des « lambeaux de recouvrement », le mot d'*écoulement* fut proposé pour désigner le mode de plissement qui a permis à ces accidents d'apparaître. »

Suess devait alors songer aux énormes recouvrements des Alpes orientales. La découverte en 1903 de la « fenêtre des Tauern » par P. Termier avait entraîné de violentes oppositions à Vienne, mais elles furent,

selon ce dernier, écartées en 1905, quand « deux des maîtres les plus écoutés dans les pays de langue allemande, M. Steinmann et M. Ed. Suess, se rallièrent nettement à ma manière de voir. » (Termier in [19] (III, Épilogue)).

8. « La face de la Terre » : grands événements sédimentaires

C'est Suess « qui, le premier, a indiqué la localisation des séries sans lacunes et des formations qu'il appelle « pélagiques » dans les régions plissées et l'intercalation de couches à fossiles d'eau douce en dehors des zones de plissements », a écrit Haug [9] (p. 171), qui reconnaissait ainsi sa dette à l'égard du maître viennois dans la question des « géosynclinaux ». L'opinion de Suess sur ce sujet a cependant évolué. S'il utilise ce dernier terme dans les premiers tomes de son ouvrage, il l'abandonne dans le dernier, du fait de ses acceptions variées, et il refuse de l'appliquer aux avant-fosses des chaînes de montagne : « c'est pourquoi je regrette de m'être servi, au début de cet ouvrage, de l'expression « géosynclinal », je l'ai évitée depuis ».

Suess a proposé le terme de « mouvements eustatiques » [19] (II, p. 841) pour qualifier des oscillations universelles, qu'il liait aux effondrements de la croûte entraînant la brusque formation des bassins océaniques. Ceux-ci ayant tendance à se combler, il en découlerait périodiquement de grandes transgressions, qui noient les surfaces continentales : ainsi, au Cénomanién et à l'Oligocène [19] (I, p. 358). Par ailleurs, ennemi de la notion de « soulèvement », et ne pouvant cependant nier la montée de certains secteurs côtiers, Suess édicte que « les déplacements des lignes de rivage doivent être qualifiés de *positifs*, quand ils se produisent de bas en haut, et de *négatifs*, dans le cas contraire ». Il va de soi qu'il n'accepte pas la notion d'« épirogenèse » de Gilbert.

Sensible à l'importance des grandes transgressions mondiales, Suess estime que les mouvements de la mer sont plus aptes que le « surgissement des montagnes » (proposé par Élie de Beaumont) pour délimiter les périodes géologiques. Leur division en « étages » suscite chez Suess une certaine réticence. Si, en 1866, il crée le terme « Sarmatién » (Miocène supérieur de notre Paratéthys), il parle seulement du « groupe de Priabona » (Éocène supérieur) dans son étude du Nummulitique du Vicentin [17] : Munier-Chalmas et Albert de Lapparent en tireront leur « Priabonien ». Dans le Sud de l'Europe, écartant les créations d'étages du prolifique K. Mayer-Aymar, Suess ne distinguera que des « étages méditerranéens », qui connaîtront un succès provisoire : le « premier », couronné par le Schlier, correspond à la première moitié du Miocène ; le « deuxième », au Miocène supérieur ; les 3^e et 4^e, aux deux parties du Pliocène. Les stratotypes précis prendront un jour cependant le dessus !

9. « La face de la Terre » : « les profondeurs »

Ce ne sera que dans les ultimes pages de son œuvre que Suess abordera enfin vraiment les questions de géophysique.

9.1. Les enveloppes de la Terre

Il admet – l'hypothèse était discutée à l'époque – que les météorites sont des débris planétaires. Avec Daubrée, il va considérer qu'elles dérivent d'une masse unique dont la composition doit être analogue à celle de notre globe. On peut ainsi distinguer dans celui-ci trois sphères concentriques, pour lesquelles il propose des noms en fonction de leur composition chimique dominante supposée : (1) « la barysphère ou le nife (Ni–Fe) », qui règnera du centre du globe jusqu' à 1500 km de

celui-ci, « le sima (Si–Mg) » et « le sal (Si–Al) ». Ces deux dernières enveloppes étaient déjà caractérisées avant Suess, mais sous des noms complexes.

Pour ce dernier, « l'enveloppe salique », constituée par des sédiments métamorphiques variés (gneiss) et par des « batholites » [19] (I, p. 218 ; III, p. 147 L) granitiques, est peu épaisse. Par triage géochimique du « sal » se serait formée l'enveloppe sédimentaire plus récente. Ce terme « sal », qu'utilisera [1] encore E. Argand en 1922, sera transformé en « Si–Al » par Wegener [29], car il pouvait être confondu avec le latin « sal », le sel.

9.2. Isostasie et « roches vertes »

Pratt avait posé certaines bases de l'isostasie par ses mesures au pendule dans l'Himalaya ou à ses abords. Devant certaines apparentes contradictions entre ses résultats, Suess juge que l'« on ne peut considérer comme démontrée, dans l'état actuel de nos connaissances [...] l'existence d'un défaut de masse dans les chaînes de montagne. Elle contredirait d'ailleurs tous les résultats de la Géologie » !

Dans les océans, Suess fait état des mesures gravimétriques de O. Hecker. La présence de zones à valeur positive traduit l'existence de roches « simiques » lourdes, mais il les estime limitées ou locales, dans un ensemble ordinairement négatif. À cette époque déjà, on savait cependant que des basaltes occupaient le fond d'une partie de l'Atlantique nord, et qu'il existait des îles à roches lourdes, comme Saint-Paul, avec ses péridotites. Enfin, Pacifique et Atlantique, pour Suess, auraient des traits généraux analogues.

Il rapproche implicitement ces roches océaniques des « roches vertes » intercalées dans les couches plissées d'un grand nombre de chaînes de montagne, mais qui ne débordent jamais sur l'avant-pays [19] (III, pp. 1493–1499). Avec G. Steinmann (1856–1929), il constate la fréquente association entre « roches vertes » et sédiments à radiolaires, en concluant à la grande profondeur du dépôt de ces formations.

On sent que le maître viennois se posait des questions sur la composition des fonds océaniques. Il restait cependant prisonnier de sa doctrine de l'affaissement des domaines marins. Peu après, interprétant autrement les résultats de Hecker, Wegener [29] (p. 19) affirmera qu'il doit exister systématiquement, sous les océans, un excédent de masse, dû au quasi-affleurement d'une croûte « simique » lourde : il ouvrirait la voie à la tectonique des plaques, qui émergera un demi-siècle plus tard.



Fig. 4. Eduard Suess après 1900, à la fin de la rédaction de *Das Antlitz der Erde* (extrait de *La face de la Terre* [19], (III, frontispice de la 4^e partie).

Fig. 4. Eduard Suess, after 1900, at the end of his work *Das Antlitz der Erde* (illustration drawn from *La face de la Terre* [19] (III, frontispiece of the 4th part).

10. Réflexions finales

Suess Fig. 4, qu'on a parfois comparé à un prophète porteur des Tables de la Loi, a été un très grand géologue, aux vues encyclopédiques et universelles. Son œuvre est le fruit d'une intelligence profonde et souple, qui a su prendre en considération l'essentiel – au volume déjà considérable à son époque – des publications scientifiques des auteurs qu'il utilisait, grâce à sa connaissance des langues. C'est aussi le résultat d'un acharnement dans la réalisation, traduisant une ambition intellectuelle dévorante. Et cela, sans qu'il ait négligé, durant la longue gestation de *Das Antlitz der Erde*, ses lourds engagements politiques, universitaires ou académiques.

L'œuvre maîtresse de Suess a constitué, au tournant des XIX^e et XX^e siècles, une synthèse des connaissances géologiques sur le globe et une recherche des mécanismes présidant à ses structures, spécialement les chaînes de montagne. Cette œuvre eut un impact mondial considérable, et cela, malgré le caractère un peu désordonné et parfois répétitif de l'exposé, dû à un

plan mal maîtrisé par l'auteur. Élie de Beaumont avait, trois quarts de siècle avant Suess, « donné un âge », en les distinguant, aux chaînes de montagne, s'engluant ensuite dans l'exclusif principe de direction. Suess montra, au contraire, la souplesse de forme des faisceaux plissés et la dissymétrie entre zones internes et zones externes, les chaînes possédant un sens de propagation dominant (la « loi de Suess »). Il a été également le créateur, assisté de son disciple Marcel Bertrand, de la distinction entre chaînes Calédonienne, Hercynienne et Alpine. Ne parlons pas de la création, dans de multiples domaines, d'appellations pour des objets pressentis plus ou moins confusément avant lui : la Téthys, le continent de Gondwana, la géométrie des chaînes (avant-pays, arrière-pays, avant-fosses, horst et graben...) et même, pour les enveloppes du globe, des termes comme « sima » ou « sal » (devenu « sial »).

Citons enfin un extrait de la préface que Marcel Bertrand, le visionnaire des chaînes plissées, donna au premier tome de *La face de la Terre* (1897): « Une ère nouvelle commence pour la géologie [...] La création d'une science, comme celle d'un monde, demande plus d'un jour [...] mais quand nos successeurs écriront l'histoire de la nôtre, ils diront, j'en suis persuadé, que l'œuvre de M. Suess marque dans cette histoire la fin du premier jour, celui où la Lumière fut ! »

Trois quarts de siècle après la grande œuvre de Suess, s'est levé un « deuxième jour », celui des « eaux » puisque la « nouvelle tectonique globale » est née des océans. Elle représente, après les essais d'Élie de Beaumont puis de Suess, le stade actuel de la compréhension du globe et de ses mécanismes géologiques.

Remerciements

Les auteurs remercient le Pr. André Michard (Paris), qui a bien voulu mettre au point la version en anglais de cette note. Ils ont trouvé le meilleur accueil aux archives de l'Académie des sciences et à la bibliothèque de l'institut de France.

Références

- [1] E. Argand, La Tectonique de l'Asie, C. R. 13^e Congr. géol. int. (Bruxelles 1923), Liège, (1924), pp. 171–372.
- [2] E. Bailey, Notes on Gibraltar and the northern Rif, Quart. J. Geol. Soc. (Lond.) 108 (1952) 157–175.
- [3] M. Bertrand, Sur les relations des phénomènes éruptifs avec la formation des montagnes et sur les lois de leur distribution, C. R. Acad. Sci. Paris 106 (1888) 1548–1558.
- [4] M. Bertrand, La chaîne des Alpes et la formation du continent européen, Bull. Soc. Geol. France (3) 15 (1887) 423–447.
- [5] G. Deshayes, (Présentation des travaux d'E. Suess sur les brachiopodes), Bull. Soc. Geol. France (2) 18 (1861) 163–165.

- [6] S. Franks, R. Trümpy, The Sixth International Geological Congress Zürich, 1894, Episodes 28 (3), 2005, 187–192.
- [7] G. Gohau, Histoire de la géologie, Éditions La Découverte, Paris, 1987 (259 p.).
- [8] G. Hamann (Ed.), Eduard Suess zum Gedenken (20. VIII. 1831–26. IV. 1914) (= Öst. Ak. Wiss., Sitzungsber. Phil.-hist. Kl. 422), Verlag Oesterr. Akad. Wiss., Wien, 1983 (100 p.).
- [9] E. Haug, Traité de Géologie, tome I : Les phénomènes géologiques, Armand Colin, Paris, 1907 (538 p.).
- [10] E. de Margerie, Critique et Géologie (Contribution à l'histoire des sciences de la Terre), tome I, Armand Colin, Paris, 1943.
- [11] M. Neumayr, Die geographische Verbreitung der Juraformation, Denkschr. k. Akad. Wien, Math.-Naturw. Cl. 50 (1885) 57–142.
- [12] J. Seidl, Quelques documents inédits concernant le début des géosciences à l'université de Vienne : la tentative d'Eduard Suess (1831–1914) d'obtenir l'autorisation d'enseigner la paléontologie dans la Faculté des lettres (1857), in: Proc. 26th INHIGEO Symp. (Portugal 2001), éd. Univ. Aveiro, 2003, pp. 397–403.
- [13] J. Seidl, Eduard Suess (1831–1914). Aperçu biographique, avec une annexe par M. Durand-Delga, Trav. Comm. fr. Hist. Géol. (COFRHIGEO) 3 (XVIII) (2004) 133–146.
- [14] A.M.C. Şengör, Die Tethys vor hundert Jahren und heute, Mitt. Oesterr. Geol. Ges. 89 (1998) 5–177.
- [15] E. Suess, Faune du bassin néo-tectonique de Vienne, (traduction présentée par G. Deshayes), Bull. Soc. Geol. France (2) 18 (1861) 165–168.
- [16] E. Suess, Sur la géologie de Vienne, (lettre de E. Suess à G. Deshayes, adressée le 01/03/1861), Bull. Soc. Geol. France (2) 18 (1861) 187–192.
- [17] E. Suess, Sur la structure des dépôts tertiaires du Vicentin, Actes Soc. It. Sci. nat. (Milan, Italie) (XI–III) (1868) 16.
- [18] E. Suess, Die Entstehung der Alpen, Braumüller, Wien, 1875 (168 p.).
- [19] E. Suess, La face de la Terre (1897–1918), traduction et adaptation, par E. de Margerie et coll., de *Das Antlitz der Erde* (1883–1909), Armand Colin, Paris (3 tomes).
- [20] E. Suess, Are Great Oceans Permanent? Nat. Sci. (Lond.) II (1893) 183–187.
- [21] E. Suess, Notes sur l'histoire des océans, C. R. Acad. Sci. (Paris) 121 (1895) 1113–1116.
- [22] E. Suess (Ed.), E. Suess, Erinnerungen (mémoires posthumes), Hirzel, Leipzig, 1916, p. 451.
- [23] P. Termier, Eduard Suess : l'œuvre et l'homme, C. R. Acad. Sci. Paris 158 (1914) 1245–1246.
- [24] E. Thenius, Das "Gondwana-Land" Eduard Suess 1885 Der Gondwanakontinent in erd- und biowissenschaftlicher Sicht, Tollmann & Tollmann, 1981, pp. 53–81.
- [25] A. Tollmann, E. Kristan-Tollmann (Ed.), Eduard Suess, Forscher und Politiker (Im Gedenken zum 150. Geburtstag), Hrsg. Oesterr. Geol. Ges., Wien, 1981 (100 p., articles variés de Zapfe, Thenius, Tollmann, etc.).
- [26] A. Tollmann, Eduard Suess, Geologe und Politiker, G. Hamann, 1981.
- [27] R. Trümpy, M. Lemoine, Marcel Bertrand (1847–1907) : les nappes de charriage et le cycle orogénique, C. R. Acad. Sci Paris 327 (1998) 211–224.
- [28] M.-T. Vénec-Peyré, Alcide d'Orbigny (1802–1857) : sa vie et son œuvre, C. R. Palevol 1 (2002) 313–323.
- [29] A. Wegener, La genèse des continents et des océans (traduction par M. Reichel de la 3^e éd. de *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, 1922), Librairie Albert Blanchard, Paris, 1924 (161 p.).
- [30] H. Zapfe, Eduard Suess als Paläontologe, Tollmann et Tollmann, 1981, pp. 17–26.
- [31] K. von Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts (= Geschichte der Wissenschaften in Deutschland, 23), München et Leipzig, 1899.