

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

TROISIÈME SÉRIE — TOME QUINZIÈME

1886-1887



PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ
7, rue des Grands-Augustins, 7

1887

M. de Lapparent fait la conférence suivante :

Conférence sur le sens des mouvements de l'écorce terrestre,

Par M. A. de Lapparent.

Parmi les ouvrages qui, dans ces derniers temps, ont exercé le plus d'influence sur la direction des études géologiques, il en est un qui, par l'ampleur des vues, mérite incontestablement une place à part ; c'est le livre de M. le professeur Edouard Suess, de Vienne, sur l'*Origine des Alpes* (1). L'auteur y a posé, en 1875, le principe d'une doctrine orogénique nouvelle, qu'il devait développer et préciser lui-même dix ans plus tard. Ce développement fait actuellement l'objet de la remarquable série d'études, encore inachevée, à laquelle M. Suess a donné pour titre « *Antlitz der Erde* », c'est-à-dire « *La Face de la terre* » et où des idées d'une puissante originalité s'allient à une érudition extraordinaire, embrassant la surface entière de notre planète.

Les théories de l'auteur de l'*Antlitz* ont excité, dès leur apparition, une sensation justifiée. Autour de M. Suess s'est ainsi groupée, surtout en Allemagne, une école dont les tendances, à l'égard du mode de formation du relief terrestre, s'écartent sensiblement de celles qui avaient jusqu'ici prévalu. Il restait à formuler, en un véritable corps de doctrines, les vues que le maître avait plutôt jetées, au cours de ses écrits, à mesure qu'elles se présentaient à lui. Cette tâche vient d'être remplie par M. Neumayr, doublement qualifié pour une telle mission, d'abord comme gendre et collègue, à l'Université de Vienne, de M. Suess ; ensuite à cause de la part notable que, par ses travaux personnels, il a prise au développement de la nouvelle conception. Dans un savant volume de *Géologie générale*, formant la première partie d'une *Histoire de la terre* en cours de publication (2), M. Neumayr vient de condenser les idées de l'école de M. Suess, telles du moins qu'il les accepte pour son compte, sous la forme d'un exposé dogmatique succinct, mais très net, que l'on peut résumer comme il suit :

Les grands accidents du relief terrestre sont dus à deux catégories de phénomènes : en premier lieu, des *actions horizontales* de refoulement, qui donnent naissance à des zones de plis *unilatéraux*, c'est-à-dire où les deux versants de chaque pli tendent, en général, à pen-

(1) *Entstehung der Alpen*, Vienne, 1875.

(2) *Erdgeschichte*, I, Leipzig, 1886.

cher du même côté, accusant le sens dans lequel agissait la compression ; en second lieu, des *chutes verticales*, lors desquelles de grands compartiments de l'écorce, limités par des cassures, descendent en masse, *sous le seul effort de la pesanteur*.

Le Jura, les Alpes avec leurs prolongements dans l'Europe orientale et méridionale, appartiendraient au premier type. La plaine du Pô, le bassin de la Hongrie, la mer Égée, les dépressions de l'Asie, les mers, limitées par des chaînes d'îles, qui bordent à l'Est le continent asiatique, seraient des exemples du second. A ce dernier devraient encore être rattachés, comme annexes, les *effondrements linéaires*, tels que ceux qui ont donné naissance à la vallée du Rhin, entre les Vosges et la Forêt-Noire, à la Mer Rouge, à la vallée du Jourdain avec la Mer Morte, etc.

Quant à la part respective des deux modes orogéniques, MM. Suess et Neumayr inclinent visiblement à accorder au second une prépondérance marquée. Cette tendance est absolue chez M. Suess, au point qu'on chercherait vainement, dans l'*Antlitz*, autre chose que des allusions discrètes et presque dubitatives à la possibilité de mouvements ascendants. L'idée se résume dans cette déclaration, extraite des comptes rendus de l'Institut géologique d'Autriche (1) : « Il n'y a, dans l'écorce, aucune espèce de mouvements de bas en haut, à l'exception de ceux qui peuvent se produire indirectement lors de la formation des plis. » En dehors des régions plissées, l'auteur nie toute élévation en masse.

M. Neumayr ne met pas en doute l'existence de mouvements ascendants, à titre de *phénomène accessoire* (*Begleiterscheinung*) de la formation des montagnes et il consent à attribuer à ces mouvements la saillie que les régions montagneuses forment au-dessus des pays environnants. Mais, cette concession faite, il n'hésite pas à avancer la proposition suivante (2) :

« L'effondrement le long des cassures est le principal facteur des modifications de la surface terrestre et, en regard de son action, le plissement et le redressement des montagnes, sous l'influence des poussées horizontales, ne sont que des phénomènes subordonnés. »

La tendance est ici nettement accusée. Il ne s'agit pas seulement d'obtenir qu'on rende justice à l'importance des faits d'effondrement dans les régions disloquées, lorsqu'un support meuble vient à céder ou lorsqu'un pli se résout en faille et qu'une portion de la zone plissée s'abîme entre les deux lèvres d'une grande cassure. A cet égard,

(1) Suess, *Verhandl. d. K. K. geol. Reichsanstalt* (1880), p. 180.

(2) *Erdgeschichte*, p. 331.

tout le monde aujourd'hui serait d'accord. Nous savons, par les travaux de notre confrère M. Marcel Bertrand, quel rôle jouent les effondrements dans le Jura et nous sommes tout préparés à leur voir prendre dans les Alpes une place encore plus considérable, à titre de phénomènes accessoires du plissement.

Il ne s'agit pas davantage d'opposer, à la doctrine des soulèvements *absolus*, produits par des forces qui agirait directement de bas en haut, une protestation devenue sans objet. Car les partisans des impulsions verticales sont, de nos jours, plus que clairsemés et, en dehors de quelques rares attardés, personne n'oserait encore attribuer à de telles actions une part sérieuse dans la formation des montagnes.

Ce qui est mis en cause, il n'y a pas à se le dissimuler, c'est l'idée même des soulèvements *relatifs*, occasionnés par la déformation d'une écorce, qu'un mouvement général centripète oblige à réduire son ampleur. Si cette notion n'est pas frappée d'une exclusion absolue, on cherche du moins à en restreindre le plus possible la portée. La chute de grands compartiments plats, dont les bords glisseraient le long de fractures, tel est l'agent *principal* auquel on se plaît à attribuer, pour ainsi dire, le monopole de la formation du relief terrestre.

Cette conception est-elle fondée et les faits sur lesquels on prétend l'appuyer ont-ils été bien interprétés? Je ne le crois pas et c'est cette démonstration que j'entreprends aujourd'hui. Ce n'est pas, du reste, la première fois que j'en ai l'occasion. Déjà, dans la seconde édition de mon *Traité de géologie*, une page a été consacrée à cette discussion (1). Mais ce résumé, sans doute trop succinct, paraissant avoir passé complètement inaperçu de M. Neumayr, je crois opportun d'y revenir avec tous les développements nécessaires. J'ajoute que je n'ai plus la crainte d'être seul dans cette campagne. Dans un intéressant livre sur le Liban (2), un géologue autrichien, M. Diener, vient de se prononcer explicitement en faveur d'une opinion que j'avais émise, à propos de la Mer Morte, sur la signification des effondrements linéaires. De plus, il y a peu de jours, alors que le plan de cette conférence était complètement arrêté, je recevais communication de quelques pages d'un autre savant viennois, M. Bittner (3), desquelles il résulte que M. Diener n'est pas seul de mon avis et qu'une sérieuse

(1) Voir page 1442.

(2) *Libanon*, Vienne, 1886.

(3) *Verhandl. der K. K. geol. Reichsanstalt*, n° 15 (1886).

réaction commence à se faire, même en Autriche, contre les idées de M. Suess.

Enfin, M. de Richthofen, l'éminent voyageur et géologue, a publié en 1886 un livre important (1), où les mouvements de l'écorce terrestre sont envisagés comme ils l'ont toujours été par l'école à laquelle je me fais honneur d'appartenir. Le moment me semble donc bien choisi pour mettre, sous les yeux des juges compétents, toutes les pièces du procès.

En étudiant la répartition des formations géologiques, ainsi que la mesure dans laquelle chaque district paraît avoir obéi à l'action des puissances orogéniques, M. Suess a été particulièrement impressionné par la stabilité de certaines régions, où affleurent surtout les gneiss et les schistes cristallins.

Ce n'est pas que l'importance de ces massifs ait jamais échappé aux géologues, qui ont appris de longue date à les considérer comme les noyaux primitifs, autour desquels les sédiments se sont accumulés dans des bassins maritimes, destinés à s'assécher plus tard en s'incorporant aux masses continentales. Mais, pour le savant auteur de l'*Anlitz*, la notion de ces districts d'ancienne consolidation revêt une forme très spéciale. Il en fait des unités distinctes, qu'il désigne sous le nom générique de *Horst*, emprunté à la langue des mineurs et dont le mot français *butoir* ne reproduit que très incomplètement la signification. Pour M. Suess, un *Horst* est un *pilier fixe, qui est demeuré en place quand, tout autour, le reste s'effondrait*. Dans un passage de l'*Anlitz* (2), il compare le phénomène à ce qui se produit en hiver, autour de pilotis enfoncés dans un lac, quand, la surface étant gelée, le plan d'eau vient à s'abaisser. La couche de glace était d'abord horizontale, comme c'est le cas des sédiments au moment où ils se déposent. Mais, le niveau de l'eau baissant, la glace se brise autour des pieux et les blocs, tantôt descendent en masse, tantôt s'inclinent, s'appuyant par un bord contre l'obstacle immobile. Même, si la tête des pilotis était originairement noyée, une plaque de glace y peut rester adhérente en guise de couronnement. C'est ainsi que, sur un *Horst* de terrains anciens, des paquets horizontaux de sédiments plus jeunes ont pu subsister, tandis que, sur les bords, d'autres paquets, en couches plus ou moins inclinées et disloquées, témoignent de l'effondrement qui s'est produit.

D'après M. Suess, les *Horste* abondent dans l'Europe occidentale.

(1) *Führer für Forschungsreisende*, 1886.

(2) *Anlitz*, I, p. 736.

L'ensemble des Vosges et de la Forêt-Noire représente un de ces piliers stables, dont le centre s'est écroulé, donnant naissance à la vallée du Rhin. Le Plateau Central de la France en est un autre et le massif de la Bohême un troisième. A l'origine, si nous en croyons la nouvelle doctrine, ces trois massifs formaient un tout continu et le terrain primitif y supportait de puissantes assises^dde sédiment (1). Mais dans ce vaste plateau s'ouvrirent de grandes fentes, le long desquelles eurent lieu des affaissements. Seuls, les trois piliers ci-dessus indiqués demeurèrent à leur place et, dans les intervalles, tout s'abîma par échelons dans la profondeur. Avec le temps, l'érosion, dont l'efficacité augmente avec l'altitude, aurait fait disparaître la totalité ou la majeure partie du couronnement sédimentaire des piliers, en ne respectant que les lambeaux plus profondément enfoncés.

« Ainsi, dit M. Neumayr (2), imaginons un observateur placé sur la tour de la cathédrale de Fribourg-en-Brigau et dirigeant ses regards vers l'Est. En face de lui se dresse la sombre masse de la Forêt-Noire, constituée principalement de roches anciennes, qui appartiennent à la famille du gneiss et du granite. Les couches gneissiques sont redressées ; mais leur direction n'exerce, sur la forme des cimes et les contours du terrain, qu'une influence subordonnée. De nombreux lambeaux sédimentaires, surtout des paquets de grès bigarré, en couches horizontales, recouvrent le terrain primitif ou s'y adossent. Toute la contrée, suivant sa longueur, c'est-à-dire du Nord au Sud, est coupée de fentes, le long desquelles le déplacement des lambeaux a eu lieu de telle sorte, que la lèvre abaissée de chaque cassure soit la plus éloignée de l'axe du massif. Il en est de même pour le bord oriental des Vosges. Cette région et la Forêt-Noire ne sont donc que des piliers stables, *qui se sont maintenus dans leur position originelle, pendant qu'autour d'eux tout le reste s'effondrait.* Mais la hauteur totale du massif devait être, au début, beaucoup plus grande qu'aujourd'hui ; car (c'est toujours M. Neumayr qui parle) il y a maintes raisons de croire qu'autrefois les plus hautes cimes portaient *toute l'épaisseur du Trias et du terrain jurassique*, c'est-à-dire plus de mille mètres de couches, que l'érosion a fait disparaître dans le cours des temps. »

Emise pour la première fois en 1870 par M. Bleicher, cette assertion a été reprise en 1883 par M. Suess (3) et nous venons de voir avec quelle décision elle est acceptée par M. Neumayr. Pour échap-

(1) Neumayr, *Erdgeschichte*, p. 325.

(2) *Erdgeschichte*, p. 319.

(3) *Antlitz*, I, p. 264.

per à tout reproche d'exagération, j'ajoute une citation textuelle de M. Suess (1) :

« Les Vosges doivent leur relief actuel, non à un soulèvement propre, mais à l'affaissement général de tout ce qui les entourait. Pour avoir la mesure exacte du mouvement de descente de l'écorce ainsi que celle de l'érosion ultérieurement survenue, il faut se représenter toute l'épaisseur du Trias et du Jura, empilée au-dessus des Vosges, de la Forêt-Noire et de leurs prolongements septentrionaux. »

On le voit, l'affirmation est sans ambages. Veut-on connaître le véritable niveau des mers triasiques et jurassiques ? Il faut le demander, pour le moins, aux lambeaux culminants de dépôts secondaires, tels que le paquet de grès bigarré qu'on observe à la Hornisgrinde, par 1151 mètres d'altitude. Tous les autres affleurements du même âge appartiennent à des parties effondrées, qui ont glissé le long de cassures et forment autant d'échelons, successivement descendants, depuis les lignes de faite jusqu'à la vallée du Rhin.

Que cette vallée résulte d'un écroulement de la partie centrale du massif ancien des Vosges et de la Forêt-Noire ; que cet écroulement ait affecté la forme d'une chute en échelons de bandes parallèles, limitées par autant de cassures, c'est ce que personne ne songe à révoquer en doute et il y a longtemps qu'Elie de Beaumont a mis cette vérité en lumière. Mais qu'il y ait eu simplement chute de la bande médiane, les lèvres extérieures de la grande cassure demeurant à leur niveau d'origine, c'est ce dont nous croyons qu'il est grandement permis de douter.

A coup sûr, c'est une appréciation délicate que celle du niveau probable de la mer à une époque géologique déterminée. Tant de changements ont affecté le relief de notre planète ; tant de mouvements ont tour à tour modifié la position des couches, qu'on peut difficilement se flatter de choisir toujours des points de repère indiscutables. Néanmoins, tout en faisant la part de ces difficultés, il y a, dans chaque cas, des données fondamentales sur lesquelles on peut s'appuyer avec quelque confiance et dont la considération doit permettre de resserrer singulièrement le champ de l'incertitude.

Ces données fondamentales, il faut les chercher dans les *massifs d'ancienne consolidation*, c'est-à-dire dans ceux qui, constitués et émergés avant toute autre partie du sol, ont dû servir de premiers noyaux à la terre ferme et devenir, sinon les piliers absolument inébranlables de M. Suess, du moins les éléments les plus fixes et comme le squelette de chaque territoire.

(1) *Atlitz*, I. p. 266.

Parmi ces noyaux, il y a tout d'abord une hiérarchie à établir. Tous n'ont ni le même âge ni la même importance. Il en est qui ont joui, plus anciennement et plus complètement que d'autres, du privilège de la stabilité. C'est ceux-là qu'il importe surtout de définir. Ce classement une fois fait, on est en possession d'un excellent *criterium* pour apprécier la légitimité des hypothèses relatives aux mouvements de l'écorce. Car toute combinaison, qui n'assurerait l'immobilité d'un district qu'au prix du déplacement de massifs plus stables et plus importants, devrait être écartée comme invraisemblable.

Appliquons ces principes au sol français. Il n'est pas douteux que, en tant que massif ancien, les Vosges et la Forêt-Noire ne le cèdent de beaucoup en valeur au Plateau Central de la France; les Vosges surtout, où la surface occupée à découvert par le gneiss et les schistes cristallins est absolument insignifiante. C'est dans le Plateau Central, entre Limoges et Clermont-Ferrand, d'une part, entre le Berri et l'Aveyron, d'autre part, qu'il faut aller chercher le type d'un véritable noyau continental. Là, sur près de quarante mille kilomètres carrés, si l'on fait abstraction des formations volcaniques qui sont venues tardivement s'y superposer, les gneiss et les micaschistes constituent le sol et le sous-sol, à une altitude moyenne aujourd'hui comprise entre 600 et 1000 mètres.

Sans doute le Plateau Central ne nous montre aujourd'hui qu'une surface maintes fois entamée par l'érosion; mais s'il est difficile d'affirmer, en toute certitude, qu'il n'ait pas autrefois porté de dépôts cambriens et siluriens, du moins il y a de fortes raisons de croire que la mer dévonienne atteignait à peine un coin de son territoire et que l'océan carbonifère n'y pénétrait que d'un côté et seulement par de petites échancrures. En tout cas nous savons pertinemment qu'à l'époque houillère, la surface de ce plateau, comme aussi celle de l'Armorique, des Vosges et, très vraisemblablement, de toutes les régions intermédiaires, était complètement émergée. Il y a plus: en voyant les couches houillères de Saint-Etienne, de Commentry et de tant d'autres bassins, reposer *directement* sur les schistes cristallins, sans que jamais on trouve, ni sur leurs bords ni parmi les éléments de leurs conglomérats, aucune trace d'une roche paléozoïque fossilifère, on a le droit d'affirmer que, dès les temps houillers, le plateau ne portait aucune couverture de sédiments marins, soit que l'érosion les eût antérieurement balayés, soit (ce qui me paraît le plus probable) qu'ils n'y eussent jamais existé. Enfin la position qu'occupent les bassins houillers, même disloqués, autorise à penser que, lors de leur formation, les dépres-

sions lacustres du Plateau Central ne devaient pas se trouver à une grande distance du plan moyen actuel des cimes non volcaniques.

Cette conclusion me semble corroborée par la présence, autour de Brive, de grès et marnes rouges d'âge permien, en couches très peu dérangées, à des altitudes comprises entre 100 et 200 mètres. De tels dépôts, d'origine fluviale ou lacustre et certainement formés dans des eaux peu profondes, accusent, à peu de chose près, la position de l'ancien sol continental, au moins sur le revers Sud-Ouest du plateau. Leur allure est celle de sédiments adossés à un massif ancien et non celle de paquets, qui seraient tombés fort au-dessous de leur niveau primitif.

Cela posé, il n'y a pas de doute que, lors des temps triasiques, le Plateau Central ne fût totalement émergé. La mer qui occupait le milieu de l'Europe venait à peine lécher le bord oriental du massif. Elle ne pénétrait pas dans la partie occidentale du bassin de Paris et n'avait accès ni en Ardenne, ni en Armorique. Or toutes ces régions auraient été inévitablement noyées, si à la même époque, le fond de la mer s'était trouvé à la hauteur des cimes vosgiennes.

Dira-t-on qu'alors le relief de la France était différent, que la partie située à l'Ouest du méridien des Cévennes pouvait être placée beaucoup plus haut qu'aujourd'hui et qu'elle s'est effondrée ou penchée en masse, quand les Vosges restaient seules debout? Nous savons que cette supposition, loin de répugner à M. Suess, lui paraît tout à fait naturelle. Il affirme (1) que les dépôts jurassiques de la Lorraine donnaient, par-dessus les Vosges et la Forêt-Noire, la main à ceux de la Souabe et que ces deux fractions d'un ancien plateau sédimentaire continu se sont écroulées ensemble et symétriquement.

Imaginer un pareil mouvement, pour conserver à la seule région vosgienne le privilège de l'immobilité, c'est supposer, on l'avouera, chez l'écorce terrestre, plus que de la complaisance pour le système des chutes verticales. C'est, en outre, ne tenir aucun compte de la supériorité du Plateau Central sur les Vosges comme massif ancien. Encore si ce déplacement pouvait être ainsi localisé! Mais on va voir qu'il y faudra comprendre tout à la fois le massif armoricain et l'Ardenne, c'est-à-dire justement tous les *Horste* de M. Suess, tous ces piliers fixes, autour desquels seulement les effondrements devraient se produire.

En effet, ceux à qui la géologie française est familière savent que

(1) *Antlitz*. I. p. 482.

dans le Calvados, aux environs de May et de Fontaine-Étoupefour, c'est-à-dire près de la lisière du Cotentin, la mer liasique a laissé d'incontestables dépôts littoraux, sous la forme de plaques fossilifères très minces, garnissant de petites dépressions du grès silurien. Des dépôts tout à fait semblables ont été observés près de Maubert-Fontaine, à la surface du Paléozoïque ardennais. Là aussi, une insignifiante épaisseur de Lias moyen ou supérieur repose directement sur le terrain ancien, sans traces des étages liasiques inférieurs ni du Trias. Voilà bien, au premier chef, des sédiments en place et non des paquets encadrés par des failles ! Ce sont d'anciennes flaques d'eau superficielles, attestant, sans doute possible, la place qu'occupait alors le niveau de la mer relativement aux massifs continentaux. Enfin leur application immédiate sur les roches siluriennes ou cambriennes témoigne que ce n'est pas à une érosion postjurassique qu'est due l'absence, au-dessous de ces placages sédimentaires, du Dévonien, du Permo-carbonifère et du Trias. C'est à ces dépôts et à d'autres analogues, comme le Lias du plateau vendéen, qu'il faut donner la parole, pour savoir à quelle hauteur se tenait la mer liasique.

Or si nous réfléchissons que l'attitude de ces affleurements singuliers concorde avec celle des dépôts de même âge qui forment la grande ceinture jurassique du bassin de Paris, il en faudra conclure qu'au moment de leur formation, le Plateau Central, l'Armorique, le Cotentin et l'Ardenne étaient des îles aux bords peu escarpés, baignées par la même mer qui s'étendait alors sur l'axe de la dépression rhénane. Donc, si la mer liasique a eu réellement son niveau bien au-dessus des cimes vosgiennes, il faut qu'autour de ce pivot tout le territoire français et, avec lui, l'Angleterre et l'Allemagne, aient fait ensemble la bascule ! Il se peut que le salut de la théorie l'exige. Pour mon compte, j'aime infiniment mieux me résigner à l'effondrement... de la théorie elle-même. Et alors, il n'y a plus qu'une alternative raisonnable, c'est de considérer les Vosges comme un compartiment *soulevé* de l'écorce terrestre, où les sédiments secondaires ont conquis, par le fait de cette ascension, une altitude relative très supérieure à celle de leur dépôt.

Du reste, était-il vraiment nécessaire d'aller loin des Vosges pour acquérir cette conviction ? Il suffisait de regarder le flanc occidental de la chaîne. Est-ce que, en Lorraine, dans cette série de couches qui, de l'Ouest à l'Est, émergent si régulièrement les unes de dessous les autres, il y a la moindre trace d'un système de cassures analogues à celles qui hordent la vallée du Rhin ? Quelle bonne volonté ne faut-il pas pour voir, dans leur disposition, l'effet d'une série d'écrou-

lements en échelons, si bien graduée que les ressauts successifs seraient inappréciables? Au contraire, quand on constate la parfaite symétrie générale des dépôts, à l'Ouest des Vosges, en Lorraine et à l'Est de la Forêt-Noire, en Souabe, il devient impossible d'hésiter à reconnaître dans cet ensemble, suivant la lumineuse conception d'Élie de Beaumont, un *grand anticlinal*, produit par soulèvement relatif et rompu en son milieu avec effondrement de la clef de voûte. Bien mieux, on se figure aisément cette bande médiane, destinée à un écroulement définitif, comme ayant formé, dès l'origine du bombement et en raison même de la tension qu'elle subissait, la *partie faible* du massif. Cette partie a cédé de bonne heure, engendrant une dépression longitudinale, qui devait s'accroître de plus en plus. Et voilà comment les dépôts jurassiques auront pu s'y établir, à la faveur d'un détroit, sans que, pour expliquer leur présence, il y ait lieu de recourir à l'hypothèse d'une submersion de la Forêt-Noire et des Vosges sous la mer du Jura.

On s'explique même difficilement comment cette assertion, que toute l'épaisseur de la formation jurassique était originairement superposée au massif vosgien, a pu se rencontrer sous la plume d'un géologue. Car personne ne devrait ignorer que le Corallien de la Lorraine, avec ses beaux massifs de polypiers, a tous les caractères d'un récif-barrière. Le rivage était donc à une faible distance et, par suite, à l'époque corallienne, pour le moins, les Vosges étaient certainement émergées.

J'ajoute, pour mieux faire apprécier la faiblesse de l'hypothèse, qu'on voit, sur la rive gauche du Rhin, aux environs de Colmar, des couches marines oligocènes, inclinées et disloquées tout comme les dépôts triasiques et jurassiques voisins. Pour être logique, on devrait admettre que ce Tongrien marin se liait autrefois, par-dessus les Vosges, avec celui du bassin de Paris. Pourquoi reculer devant cette supposition, quand on a un sentiment aussi vif de l'énormité des chutes et de l'ampleur des érosions? Si, au contraire, on se résigne à admettre que ces sédiments, déposés dans un détroit, aient été disloqués par un tardif retour des actions mécaniques qui, longtemps auparavant, avaient façonné la dépression rhénane, il est tout naturel d'étendre la même conclusion aux couches jurassiques de la vallée; d'autant plus que leur caractère est celui de dépôts littoraux et ne répond en rien à ce qu'il devrait être, si leur formation avait eu lieu au centre d'un immense bassin de sédimentation, allant de la Belgique jusqu'à la Bohême.

Pour en finir avec ce sujet, il convient de remarquer qu'autant l'hypothèse d'une voûte rompue excelle à expliquer la formation de

la vallée du Rhin, autant il serait difficile, en dehors de cette conception, de justifier la chute pure et simple d'une étroite bande longitudinale, entre deux piliers aussi rapprochés que le sont les Vosges et la Forêt-Noire. Quelle cause aurait produit un vide au-dessous de ce massif cristallin non dérangé et pourquoi ce vide n'aurait-il provoqué qu'un écroulement linéaire médian ? Voilà des questions auxquelles je défie qu'on trouve une réponse satisfaisante. Ici donc, les probabilités mécaniques viennent ajouter leur témoignage à celui des vraisemblances géologiques.

En résumé, je crois qu'il est bien établi, contrairement à l'interprétation de M. Suess, que les Vosges ne sont pas un *Horst*, c'est-à-dire un massif immobile, resté seul en place quand, tout autour, le reste s'effondrait.

On en peut dire autant du Morvan. Là aussi, sur le flanc oriental, se voient des failles en échelons, avec petits paquets étagés de couches jurassiques horizontales. Mais ces failles sont des cassures latérales, ouvertes au bord d'un massif soulevé et non le résultat d'affaissements survenus contre un pilier immobile. La preuve en est dans l'altitude de ces lambeaux sédimentaires, susceptible d'atteindre 624, même 636 mètres (1) et absolument inconciliable avec la hauteur qu'occupent les affleurements réguliers des mêmes formations sur le bord septentrional du Plateau Central comme sur l'Ardenne. Or, le Plateau Central est un massif bien plus ancien et relativement bien moins disloqué que le Morvan. Il s'est montré beaucoup plus stable à travers les âges et mérite singulièrement mieux d'entrer en ligne de compte, quand il s'agit de la détermination des anciens niveaux de la mer.

Pourtant la signification de *Horst* a été, sans hésitation, attribuée au Morvan par M. Suess. En outre, dans une publication très récente (2), le même auteur a signalé comme tel le massif du Cotentin, de la Bretagne et de la Vendée, en le limitant par une ligne de fracture que jalonnaient Alençon, Saint-Maixent et la Rochelle. Cette ligne formerait le bord occidental d'une aire d'effondrement, dont l'autre rive passerait par Calais.

Pour juger de cette conception, il suffit de se reporter à ce qui vient d'être dit des dépôts liasiques de May. Ces dépôts marquent un rivage et leur concordance avec les affleurements de la bande jurassique continue qui entoure le bassin parisien exclut toute idée

(1) Michel-Lévy et Vélain, *Bull. Soc. Géol.*, 3^e série, VII, p. 902.

(2) *Über unterbrochene Gebirgsfaltung; Sitzungsberichte der Akad. der Wissenschaften*, Vienne, décembre 1886.

d'effondrement. Quiconque a visité les localités classiques d'Osmanville et des environs de Valognes ne saurait se refuser à voir, dans les sédiments hettangiens ou sinémuriens de cette région, si réguliers dans leur allure, des dépôts littoraux, formés dans une mer qui empiétait à peine plus loin, vers l'Ouest, sur le massif ancien et qui devait succéder aux lagunes ou étangs triasiques de la même contrée. A partir de leur formation, un *processus* presque continu d'émersion, qu'il serait assurément difficile de rattacher aux suites ou aux préliminaires d'un effondrement, a déterminé l'assèchement du bassin de Paris. Puis la mer est revenue, lors de la grande transgression cénomaniennne, sur les territoires abandonnés par elle et des dépôts crétacés de divers âges se sont plaqués sur la surface du terrain ancien, où quelques lambeaux ont été conservés par places. Témoins ceux de Valognes et les restes cénomaniens que M. Vasseur a signalés en Bretagne. Des retours analogues se sont produits aux époques crétacées supérieures et tertiaires et c'est ainsi que cette même région de Valognes, où l'on voit un infralittoral, superposé au terrain paléozoïque, nous montre côte à côte, horizontalement appliqués sur le même terrain, de petits lambeaux de Craie à baculites, tantôt seuls, tantôt soudés à des plaques éocènes de l'âge du Calcaire grossier, tandis qu'un peu plus loin c'est l'Oligocène, le Miocène ou le Pliocène qui ont laissé des traces.

Quelle conclusion en tirer? Sinon que, depuis la fin de la grande émerision carbonifère et triasique, le massif armoricain a formé un district continental très stable, entouré par des mers dont le niveau subissait des alternatives diverses, sans doute comme contre-coup des mouvements orogéniques qui s'accomplissaient ailleurs. Alternatives du reste très limitées en amplitude! Car si l'on compare entre elles les altitudes des dépôts secondaires et tertiaires sur les bords du Cotentin et de la Bretagne, ainsi que dans les diverses parties du bassin parisien, on sera frappé de l'exiguité du champ dans lequel ont dû se maintenir les oscillations du niveau de la mer.

Même il est permis de penser que cette stabilité relative du Cotentin remonte fort au delà de l'époque secondaire. La position presque horizontale des Poudingues pourprés aux environs de Granville, celle des Grès armoricains et du Calcaire carbonifère de la partie médiane du pays, rendent une telle hypothèse parfaitement admissible. En tout cas, le fait est absolument hors de conteste pour ce qui concerne les temps secondaires et tertiaires. Ainsi, pour cette immense durée, les anciens massifs périphériques du bassin de Paris et surtout le bord oriental du Cotentin, excellent à nous fournir des

lignes de repère, marquant, avec plus de certitude que tout autre indice, les positions successives de la surface océanique, la seule, en définitive, de laquelle il soit légitime de partir pour apprécier le sens des mouvements de l'écorce.

Or l'enseignement de ces lignes de repère peut se résumer dans une formule bien saisissante : *C'est seulement par dizaines de mètres que doivent se compter, dans les parages du Cotentin, les différences entre les niveaux successifs des mers depuis le Trias jusqu'à nos jours.*

A moins donc d'imaginer, pour les besoins de la cause, une série invraisemblable d'ascensions et de chutes en masse, qui n'auraient laissé aucune trace visible, nous voilà forcés de reconnaître qu'il y a, dans l'écorce terrestre, des parties presque absolument stables, contre lesquelles le niveau de l'océan se montre à peine variable dans la suite des temps. Il n'en faut pas davantage pour condamner en principe les gigantesques effondrements admis par M. Suess et dont quelques-uns (comme nous le verrons par la suite) ne tendraient à rien moins qu'à introduire des différences de *plusieurs milliers de mètres* entre le niveau des mers de la craie et celui de l'époque actuelle !

Cela n'empêche pas, bien entendu, le bassin de Paris d'être une *aire de dépression*. Mais c'est une dépression *par plissement* et non *par effondrement*. La preuve en est dans les nombreuses ondulations qui se laissent voir sur le fond de cette grande aire, sans parler de toutes celles que dérobent à nos yeux les formations superficielles. M. Suess lui-même n'en conteste pas l'existence et il est réduit à les considérer (1) comme des *efforts posthumes*, c'est-à-dire comme de tardives récurrences des actions de refoulement qui, à l'origine avaient façonné le massif paléozoïque plissé de l'Armorique et du Cotentin, avant qu'il devint un *Horst*. C'est d'abord le Boulonnais, prolongement de l'accident wealdien. Ensuite vient la longue protubérance du pays de Bray, dont la direction reproduit si bien celle des Pyrénées et où l'on comprend mal que M. Suess puisse voir un réveil des plissements antépermien. Avec le Bray, voici la série des plis de la craie, étudiée par MM. Hébert et N. de Mercey. Au Nord, c'est la faille de l'île de Wight, brusque résolution d'un pli, limitant un bassin éocène qu'on ne dira pas effondré, puisqu'il occupe, avec ses formations d'estuaire, le même niveau, ou à peu près, que notre Éocène parisien. Plus bas, une déchirure du Crétacé laisse apercevoir le soulèvement du Belinois, parallèle au bord oriental de l'Armorique. Enfin, dans le nord-est, nous serons frappés de ce relèvement général, conforme au bord de

(1) *Unterbrochene Gebirgsfaltung.*

l'Ardenne, qui affecte tous les sédiments crétacés et tertiaires et qui, dès le Soissonnais, amène le fond de l'ancien lac de Beauce à 250 mètres d'altitude. Dira-t-on que c'était là son niveau primitif et que tout le reste, en France comme en Belgique, a dû s'effondrer depuis lors ?

En présence de tant de faits, comment méconnaître la constante manifestation des efforts de refoulement et l'influence considérable des composantes ascendantes sur la formation du sol français ? Ne serait-ce pas s'exposer à fournir la preuve que, s'il est bon de concevoir de grandes et larges vues, il est salutaire d'en réserver l'application aux pays que l'on connaît bien, en raisonnant autrement qu'à distance et sur des cartes ? Méthode qui expose à négliger certains détails, minimes en apparence, mais décisifs par les lumières qu'ils apportent et la netteté avec laquelle ils suffisent à écarter telle ou telle hypothèse.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique au bassin de Paris. Mais peut-être y a-t-il, en France, des régions qui se soient comportées différemment. Ne serait-ce pas le cas de la vallée du Rhône et de la plaine pyrénéenne ? Voyons d'abord la première.

En vérité, dans cette grande dépression alignée du Sud au Nord, qui court le long des Cévennes et se prolonge bien loin par la Saône, il semble, au premier abord, difficile de méconnaître, sinon une aire effondrée (car sa largeur est bien faible), du moins quelque chose comme un écroulement linéaire. Et pourtant, à examiner les choses de plus près, on va voir que la formation de ce sillon a dû être grandement influencée par des phénomènes de soulèvement.

En effet, l'altitude, progressivement croissante, du Plateau Central, quand on le parcourt de l'Ouest à l'Est et la relation de cette ascension avec le développement des formations volcaniques miocènes et pliocènes de l'Auvergne et du Vivarais, donnent à penser que le soulèvement des Alpes a eu pour effet de relever sensiblement la lisière orientale et méridionale du plateau. La rigidité du massif l'a empêché de se plisser ; mais des fentes s'y sont ouvertes, par où les produits internes ont trouvé une issue et, tandis que le bord se relevait, par contre, la dépression qui avait toujours existé au pied a dû s'accroître, laissant la mer miocène et celle du début du Pliocène s'avancer vers le Nord.

Ce qui resterait à l'état de simple conjecture, s'il n'y avait dans le Plateau Central que du gneiss et des micaschistes, devient une réalité facile à vérifier, grâce aux formations lacustres de la Limagne. Personne ne niera l'ancienne liaison du lac tertiaire du Bourbonnais

avec celui de l'Auvergne. Or, à mesure qu'on suit les traces de ce lac vers le Sud-Est, on voit les dépôts, morcelés par des failles, se présenter à des altitudes progressivement croissantes et les derniers que l'érosion ait respectés, ceux des environs de Blesle, dans la Haute-Loire, sont aujourd'hui portés à plus de 1,000 mètres. Telle n'était pas, à coup sûr, l'altitude originelle du lac de la Limagne; car, pour le soutenir, il faudrait dire que la France tout entière, à l'exception de ces lambeaux culminants, s'est effondrée ou inclinée à cette occasion.

Donc, le Plateau Central s'est soulevé à l'Est et au Sud et si ce mouvement a exagéré l'ancienne dépression orientale, assez effacée à l'époque éocène (et d'ailleurs bien rapidement comblée dès le Pliocène moyen), il y a loin de là à un effondrement pur et simple, le long d'un *Horst* absolument fixe, tel que le définissent MM. Suess et Neumayr. C'est un contre-coup des grands plissements alpins, changeant d'allure à la rencontre d'un massif d'ancienne consolidation, qui se brise au lieu de se courber. Alors la dépression du Rhône revêt le même caractère que celle du pied du Jura, où viennent s'aligner les lacs de Bienne, de Neuchâtel et de Genève, et tant d'autres sillons analogues qu'on pourrait signaler, soit dans les Alpes, soit dans le massif jurassien.

Tout autre, il est vrai, est la manière d'être de la grande plaine aquitanienne et languedocienne. Il semble que cette vaste surface, si brusquement dominée au Sud par la haute muraille des Pyrénées, doive enfin nous offrir un type français, vainement cherché jusqu'ici, d'une aire d'effondrement.

Bien au contraire! C'est là que nous trouverons le témoignage le plus manifeste en faveur des mouvements ascendants. Il nous suffira de considérer ces paquets horizontaux de sédiments nummulitiques, portés, dans le massif du Mont Perdu, à des altitudes voisines de *trois mille mètres*. En regard, nous placerons les couches de Biarritz et, avec elles, ces dépôts éocènes de l'embouchure de la Gironde, dont la position, parfaitement concordante avec celle des lambeaux contemporains qui avoisinent l'estuaire de la Loire, diffère à peine de la situation de l'Éocène parisien. Voilà donc le vrai niveau de la mer nummulitique dans les contrées non disloquées et, à moins de prétendre entraîner dans une même chute, non plus seulement les dépressions françaises, mais, avec elles et en bloc, tous les massifs anciens, les *Horste* du Plateau Central, de l'Armorique et des Vosges, l'Ardenne, la Cornouailles, etc., il faudra bien consentir à admettre que c'est la masse pyrénéenne qui s'est élevée dans les airs.

A ceux qui trouveraient l'argument trop spécial à la partie occi-

dentale des Pyrénées, nous répondrions en montrant, à l'Est, appliqué, suivant le mot de Leymerie, comme une cuirasse sur le flanc de la chaîne, le Poudingue de Palassou, conglomérat torrentiel, contemporain du soulèvement pyrénéen et en faisant suivre des yeux sa liaison progressive avec les couches lacustres de l'Éocène ou de l'Oligocène languedocien. Bien mieux ! nous rappellerions que le bassin nummulitique de l'Aude a disparu lors de la formation de la chaîne et qu'ainsi le redressement de celle-ci, loin de créer un gouffre au pied de la montagne, a entraîné l'assèchement d'une ancienne dépression. Quelles meilleures preuves peut-on alléguer en faveur d'une réelle ascension de la chaîne, avec immobilité relative des régions situées en avant ? On sait d'ailleurs que la grande plaine sous-pyrénéenne a son fond beaucoup plus accidenté que ne le ferait soupçonner le manteau uniforme de dépôts miocènes dont elle est recouverte. En plus d'un point, une échancrure un peu profonde ramène la craie au jour, attestant l'existence d'une suite de plis parallèles dans ce qui, au premier abord, semblait être une dépression au fond plat.

Il serait oiseux de faire intervenir ici les Alpes ou le Jura, puisque, de l'aveu de tous, sans excepter MM. Suess et Neumayr, les phénomènes de soulèvement y brillent dans tout leur éclat. De telle sorte que, si les effondrements abondent dans ces deux massifs, c'est toujours comme conséquence d'une rupture de plis, dont les têtes avaient été portées à de grandes hauteurs au-dessus du niveau de la mer. Dès lors, ayant ainsi passé en revue tous les districts entre lesquels se partage la région française, je me crois en droit d'affirmer comme conclusion : *qu'aucun d'eux ne justifie la théorie du Horst ; que tous portent l'empreinte, profondément gravée, des compressions latérales ; que pour tous, dans la formation du relief, les composantes ascendantes se sont montrées prépondérantes ; enfin que la pesanteur n'y est entrée en jeu que quand l'ascension et la rupture préalables des massifs lui avaient fourni l'occasion de se manifester.*

Je pourrais borner ici ma démonstration et ce serait peut-être le parti le plus sage. Car s'il est vrai que nul ne soit prophète en son pays, il est encore plus certain qu'un géologue s'aventure grandement quand il va prophétiser chez les autres. Pourtant, malgré ce péril, je veux tenter encore une rapide excursion dans quelques parties de l'Europe et même des autres continents, avec le désir de rechercher si, dans l'explication de certaines structures, les partisans de la théorie des effondrements n'auraient pas négligé des données de grande importance.

C'est ainsi qu'au nombre des aires effondrées, M. Suess a rangé la plaine du Pô et le bassin de Vienne. En ce qui concerne la première de ces dépressions, je me bornerai à faire remarquer qu'à l'époque helvétique, c'est-à-dire immédiatement avant le principal effort du soulèvement alpin, une mer sans grande profondeur pénétrait largement dans le bassin du Pô, comme elle faisait dans une notable partie de la Suisse et du Jura. Or le redressement de la chaîne a eu pour effet de réduire considérablement le domaine maritime; après quoi les alluvions pliocènes et quaternaires n'ont pas eu de peine à combler le prétendu gouffre qui avait dû s'ouvrir au pied des Alpes. De la sorte, le résultat final du soi-disant effondrement est une émergence bien caractérisée, ce qui est passablement contradictoire.

La même chose est vraie, à un degré encore plus élevé, du bassin de Vienne. A l'époque miocène, c'était une dépression franchement marine. A peine la chaîne des Alpes avait-elle acquis son principal relief, que le bassin se transformait en cuvettes saumâtres, destinées à un rapide assèchement. Singuliers effondrements, en vérité, qui, partout où ils se produisent, ont pour conséquence régulière l'accroissement de la terre ferme !

Nous voici parvenus à l'extrémité de l'Europe. Là, sachons le reconnaître, nous allons enfin trouver un exemple de chute verticale; c'est celui de la mer Egée. M. Neumayr a prouvé, par l'analyse des circonstances géologiques des Cyclades et de la Crète, qu'à la fin des temps pliocènes, la région située au Nord de cette dernière île faisait partie du continent et était arrosée par des fleuves, que hantaient de nombreux hippopotames. Or aujourd'hui, sur les îles de l'Archipel, les dépôts lacustres se montrent tranchés à pic par le rivage et, au large, la sonde accuse rapidement de grandes profondeurs. C'est donc bien là une région effondrée. Mais, d'après ce que nous venons de voir, elle serait, en Europe, le seul exemple authentique de cette espèce. Peut-être, si M. Neumayr ne l'avait pas rencontré sur son chemin dès le début de sa carrière, n'aurait-il pas conçu l'idée d'en retrouver partout la copie, entraînant dans cette voie M. Suess.

Il est vrai qu'à deux pas de l'Archipel, la Mer Morte leur offrait un autre cas d'effondrement, celui-là linéaire. Quelle chute que celle de cette bande étroite qui portait autrefois Sodome et Gomorrhe, et que remplace aujourd'hui un lac chargé de bitume, dont la surface se tient à quatre cents mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée ! Pourtant, si l'écroulement n'est pas contestable, on commence

à savoir à quoi s'en tenir sur sa signification. En 1885, M. Hull (1) a montré que la Mer Morte et la vallée du Jourdain coïncidaient avec une ligne de faille, marquant l'arête d'un anticlinal brisé et je me suis hasardé (2) à en conclure que la dépression du lac Asphaltite devait résulter de l'effondrement d'une voûte. J'ai eu récemment la satisfaction de voir cette vue adoptée par M. Diener, dans son bel ouvrage sur le Liban (3). Ce savant établit en outre que la dépression d'El Bekaa, qui prolonge celle du Jourdain au delà du mont Hermon, occupe l'axe d'un anticlinal, dont le Liban et l'Anti-Liban forment les deux versants. Bien que, en disciple déferent de M. Suess, M. Diener emploie mille circonlocutions pour éviter l'emploi du mot suspect de *soulèvement*, l'idée d'une élévation de la contrée se dégage toute seule de sa description, surtout lorsqu'il nous révèle l'existence, dans le désert de Palmyre, d'un lambeau de pliocène marin à 650 mètres d'altitude. Rapprochant ce fait de celui des dépôts *zancléens* de M. Seguenza, portés dans la Calabre à 1200 mètres de hauteur, on en conclura que la Méditerranée, dont l'affleurement, sur les côtes françaises, n'a presque pas varié depuis le Pliocène, n'a certainement pas subi l'abaissement nécessaire à l'explication de ces deux faits. Quant à imaginer, pour la dépression d'El Bekaa, un mouvement compris entre l'Éocène et le Pliocène, il n'y faut pas non plus songer; car dans l'hypothèse d'un effondrement post-éocène, il devient nécessaire de restituer, au-dessus de la crête actuelle du Liban, la formation nummulitique, qui en occupe le versant occidental, et alors on amène, à une altitude de 3500 mètres, ce terrain qui, autour du Caire, se présente au niveau de la mer! Dans l'impossibilité d'admettre une pareille chute de la Méditerranée depuis l'Éocène, reconnaissons qu'un soulèvement est seul en mesure de justifier la structure qu'affecte cette partie du littoral asiatique.

Par une heureuse circonstance, nous allons pouvoir user pour la Mer Rouge de la même explication. Cette grande coupure si rectiligne est citée par M. Suess (4) comme le type d'effondrement linéaire (*Grabenversenkung*), le plus remarquable qui existe sur le globe. Or, d'après les travaux de M. Fraas (travaux dont nous n'aurons pas besoin de prendre le résumé ailleurs que chez M. Suess lui-même), la structure géologique des bords de la Mer Rouge offre,

(1) *Mount Scir*, etc.

(2) *Traité de Géologie*, 2^e édit. p. 1442.

(3) *Libanon*, Vienne, 1886.

(4) *Atlitz*, I, p. 482.

avec celle de la dépression rhénane, la plus frappante analogie. De même que les Vosges à l'Ouest et la Forêt-Noire à l'Est servent d'appui à un manteau triasique et jurassique ; ainsi, sur les deux rives de la Mer Rouge, des massifs cristallins supportent, dans les montagnes du Nil comme en Arabie, la succession régulière de la craie supérieure et de l'Éocène. De plus, des récifs coralliens, de formation très récente, s'observent, de l'aveu même de M. Neumayr (1), à de grandes hauteurs sur les deux bords de la coupure. Inexplicable par un écroulement pur et simple, la réunion de ces faits se concilie à merveille, au contraire, avec l'hypothèse d'une voûte rompue.

D'après cela, tous les effondrements linéaires connus, depuis le Rhin jusqu'en Arabie, rentreraient dans la même catégorie et il ne me paraît pas téméraire de penser que s'il nous était donné d'observer, sous la mer qui les cache à nos yeux, les deux bords de la dépression égéenne, nous y pourrions reconnaître un ancien anticlinal rompu, aujourd'hui envahi et submergé par les eaux à la suite de quelque catastrophe volcanique.

Pendant, il serait injuste de laisser croire que la difficulté résultant des dépôts coquilliers élevés de la Méditerranée et de la Mer Rouge, ait échappé à M. Neumayr. Ce savant a même essayé de la résoudre, sans trahir la cause des écroulements, à l'aide d'une explication à laquelle on ne saurait refuser le mérite de l'originalité (2).

M. Neumayr suppose qu'aux points où existent ces dépôts, le rivage coïncidait autrefois avec l'arête d'un pli dont un versant s'inclinait sous la mer et que la pente de ce versant tendait à augmenter peu à peu sous l'action d'un effort vertical. Pendant cette descente, l'arête immergée se couvrait de dépôts littoraux, que son déplacement progressif entraînait, au fur et à mesure, dans la profondeur. Un jour est venu où, à force de s'accroître, la courbure du pli s'est trouvée excessive et a déterminé une rupture. Alors la lèvre inclinée s'est effondrée et l'autre, délivrée de la tension qu'elle subissait, a rebondi à son ancien niveau, ramenant avec elle, dans les airs, les dépôts dont elle s'était chargée durant son immersion.

Telle est cette hypothèse qui, par un vrai miracle d'ingéniosité, arrive à faire sortir une ascension d'une chute. Si je la mentionne, ce n'est pas avec le dessein d'en discuter ici la vraisemblance. C'est uniquement pour montrer à quel point ceux qui prétendent se

(1) *Erdgeschichte*, p. 334.

(2) *Erdgeschichte*, p. 334.

maintenir sur le solide terrain des faits et repousser systématiquement tout ce que la nature actuelle ne leur permet pas de vérifier, savent néanmoins, à leurs heures, dépasser en hardiesse les conceptions les plus aventureuses.

Enfin, il est une contrée bien éloignée des précédentes, mais dont il est indispensable de dire un mot : c'est celle des hauts plateaux du Colorado. Les célèbres cañons de cette rivière entament, comme on sait, un puissant massif de sédiments presque horizontaux, qui vont du Cambrien jusqu'au Tertiaire et où la partie supérieure du Crétacé commence seule à montrer une intercalation de lits d'eau douce parmi les couches marines. A l'Ouest, les plateaux du Colorado se soudent à ceux de l'Utah, traversés par des failles gigantesques, dont les rejets se comptent par *milliers de mètres*.

Contrairement à l'opinion unanime des géologues américains, notamment de M. Dutton, pour qui le massif des Montagnes Rocheuses a dû être soulevé en masse, M. Suess (1) veut que le petit noyau cristallin, situé sur l'axe de la chaîne, soit un *Horst*, à l'Occident duquel il y aurait eu un système d'effondrements, atteignant, au total, *plusieurs kilomètres* d'amplitude (M. Suess va jusqu'à *trente mille pieds*, c'est-à-dire dix mille mètres !) La raison qu'il en donne est que nous ne connaissons aucune force qui soit en état de soulever simultanément, mais indépendamment les uns des autres, des massifs de terrains non plissés, divisés par des fractures.

Cette ignorance peut être regrettable au point de vue théorique. Mais ce qui le serait encore bien davantage, c'est d'admettre qu'à l'Ouest des Montagnes Rocheuses, la mer de la craie ait pu se trouver autrefois à *plusieurs kilomètres* au-dessus du niveau actuel du Pacifique. S'il a existé en Amérique, peut-être même dans le monde entier, une région stable, c'est assurément le territoire oriental des États-Unis, à sec depuis le Carbonifère, à peine entamé par la mer crétacée et submergé seulement sur son bord par l'océan tertiaire. Que serait-il advenu de ce vaste bassin du Mississipi, si depuis le dépôt de la craie jusqu'à nos jours, le niveau de la mer avait dû baisser de quelques milliers de mètres ? Échapper à cette difficulté en prétendant que l'Amérique tout entière, à l'exception du noyau cristallin des Montagnes Rocheuses, a participé à l'effondrement, serait une hypothèse purement gratuite et d'ailleurs peu conforme au principe salutaire de la moindre action. Pour éviter cette chute gigantesque d'une fraction considérable de l'écorce, il est si simple de concevoir une poussée latérale, causant le soulèvement en masse

(1) *Anlitz*, I, p. 736.

d'une contrée que le défaut de plasticité des roches, et surtout l'absence d'obstacles résistants de quelque importance, auront pu dispenser de subir les énergiques plissements dont la chaîne alpine offre l'exemple !

D'ailleurs, ce n'est pas l'Amérique seule qu'il faudrait ici faire mouvoir. Personne ne pensera qu'un abaissement de dix mille mètres, survenant dans le niveau des mers américaines depuis la fin du Crétacé, pût rester inaperçu en France. Or, les environs de Valognes, en Cotentin, nous ont montré combien le rivage français de la craie était peu éloigné, en contour ou en altitude, de celui de la mer actuelle. Il n'en faut pas davantage, pensons-nous, pour réduire à néant l'hypothèse de l'effondrement du Colorado. Et alors, puisque la structure du massif ne peut plus s'expliquer que par un soulèvement, il en résulte cette conséquence capitale, que *les mouvements ascendants ne sont nullement limités aux seules régions de plissement*. Ils peuvent se manifester en grand, par l'élévation en masse de tout un district, en faisant naître quelque chose d'analogue à ce qui a été décrit par Dana sous le nom de *Géantictinal*.

J'arrête enfin cette trop longue discussion. Ou bien les exemples invoqués ont la force démonstrative que je me plais à y reconnaître, et alors il serait inutile d'en accroître le nombre ; ou je me suis fait illusion sur leur valeur et, dans ce cas, ma thèse est déjà condamnée. On me pardonnera d'écarter cette dernière supposition et de vouloir résumer, en quelques mots, l'enseignement qui, à mon sens, découle des effets observés.

Lorsqu'on étudie, sans parti pris, la distribution des mers aux diverses époques géologiques, il est un fait qui me paraît ressortir avec une indiscutable évidence ; c'est le progrès continu de l'*émersion*. Sans doute ce progrès n'a pas été absolument régulier. Il a pu être parfois interrompu par des retours en arrière. Mais ces transgressions, limitées dans le temps comme dans l'espace, n'ont pas empêché, en dernière analyse, les masses continentales de s'accroître par adjonctions successives, grâce au comblement ou à l'assèchement des mers intérieures qui séparaient leurs premiers noyaux. On peut dire que presque toute la surface des continents actuels, aussi bien en Asie et en Amérique qu'en Europe et en Afrique, a été peu à peu conquise sur la mer et si, d'autre part, certains massifs primitivement émergés ont en partie disparu sous les eaux, il semble impossible de méconnaître que les gains de la terre ferme aient été supérieurs à ses pertes.

D'un autre côté, il n'est douteux pour personne qu'à des époques

relativement récentes, de hautes chaînes de montagnes, les Pyrénées, les Alpes, l'Himalaya, les montagnes Rocheuses, etc., ne se soient véritablement *dressées dans les airs*, dépassant ainsi, dans une mesure considérable, le niveau des mers sous lesquelles les régions correspondantes étaient précédemment noyées.

Il résulte de là que, aussi bien en grand qu'en détail, *les continents n'ont pas cessé de s'élever relativement à la surface océanique*.

A la vérité, pour quiconque admet la notion d'une croûte superficielle, cette ascension doit être la conséquence d'un mouvement général centripète, auquel l'écorce est assujettie en vertu de la contraction du noyau. Mais outre que c'est là une conception théorique, qu'on pourrait à la rigueur écarter pour s'en tenir aux seuls faits observés, on remarquera que, si ce mouvement centripète est réel, il échappe à toute vérification extérieure. De plus, c'est un *mouvement d'ensemble*, peu considérable par conséquent en chaque point, tandis que la déformation qu'il provoque doit se résoudre en *déplacements locaux*, lesquels peuvent être relativement très sensibles. Or nous venons de voir quel était le caractère de ces déplacements. Sur tous les points que nous avons examinés, le trait saillant des déformations est une exagération du relief continental, jointe à un accroissement progressif de masses émergées.

Pourquoi les conséquences de ce double fait sont elles méconnues par la nouvelle école orogénique? Uniquement sous ce prétexte, que la nature actuelle ne nous offre aucun exemple authentique d'un mouvement d'ensemble effectué de bas en haut. Mais on n'a pas entendu dire non plus que l'homme ait jamais été témoin d'un phénomène de plissement et cela ne nous empêche pas d'être unanimes à reconnaître la nécessité des refoulements latéraux. L'observation directe est assurément le meilleur des guides. Mais c'est trop lui demander que d'y vouloir trouver l'exacte reproduction de tous les phénomènes qui ont peu à peu formé la croûte terrestre et l'induction, pourvu qu'elle ne choque aucune vraisemblance, a bien aussi son rôle légitime à jouer.

Pour mon compte, devant la persistance et la généralité des émergences enregistrées par la géologie, je me crois fondé à dire que, dans le phénomène général de déformation de l'écorce, les effets de refoulement, avec ascension relative à la surface des mers, se sont montrés prépondérants, ce qui est la condamnation de la formule de MM. Suess et Neumayr, d'après laquelle « l'effondrement le long des cassures est le principal facteur des modifications de la surface terrestre. »

Ce n'est pas que l'importance de ce facteur m'échappe à aucun

degré. Loin de moi la pensée d'en méconnaître l'intervention ! Mais, à l'encontre de ce qu'enseigne la nouvelle doctrine, les chutes verticales m'apparaissent comme des effets *secondaires* et *consécutifs* des mouvements d'élevation. Je dis plus : il me semblerait incompréhensible qu'il en fût autrement. Quel peut être, en effet, le mode d'action de la pesanteur, dont on dirait, en vérité, que MM. Suess et Neumayr ont tenu à honneur de se constituer les champions, comme si son rôle avait été injustement apprécié jusqu'ici ? Cette force, si efficace qu'elle soit, ne peut entrer en jeu qu'à la faveur d'une déformation préalable de l'écorce. Autrement, en vertu même de la gravité, la croûte demeurerait appliquée sur le noyau. Pour qu'une chute soit possible, il faut qu'il y ait un vide et ce vide ne peut naître que si une portion de l'écorce se ride ou gauchit, ce qui implique un soulèvement relatif. Dans ce cas, on comprend que la croûte soit exposée à se fendre, soit par la rupture des plis brusques, soit par suite de l'excessive tension de la surface gauchie et qu'alors, profitant des cassures, la pesanteur détermine la chute des compartiments dans le vide sous-jacent. D'ailleurs il est clair que les effets du ridement ou du gauchissement varieront suivant la constitution du terrain qui les subit. Telle partie, relativement plastique et fortement comprimée contre un obstacle plus résistant, se plissera en ondulations serrées, alors que telle autre, plus libre de ses mouvements et mieux appuyée par le bas, se laissera soulever en bloc. Un massif cristallin ou très anciennement consolidé sera moins flexible qu'un autre. Non seulement il se brisera au lieu de se courber ; mais, à sa jonction avec des parties plus souples, sur lesquelles, du reste, sa rigidité ne manquera pas de réagir, on verra se produire des solutions de continuité, soit des cassures simples, soit des failles avec dénivellation. Tout cela découle du même principe et ainsi tous les phénomènes observés sur le pourtour des massifs d'ancienne consolidation s'expliquent aisément, sans recourir à la conception véritablement excessive des *Horste*, c'est-à-dire de ces piliers inébranlables auxquels on serait, en somme, bien embarrassé de fournir le point d'appui nécessaire.

Comment, d'ailleurs, devant des masses aussi gigantesques que celles des Pyrénées, des Alpes et de l'Himalaya, l'idée a-t-elle pu venir de supprimer ou de réduire presque à rien le rôle des effets de soulèvement ? N'était-ce pas une gageure contre le bon sens, que cette obstination à ne parler que de chutes et d'effondrements, au pied de ces sommités qu'on a tant de peine à gravir ? Certes, pour faire triompher un pareil paradoxe, il n'eût fallu rien moins que des raisons bien spécieuses ou des faits singulièrement difficiles à expli-

quer d'autre manière. Des raisons? Je crois avoir montré qu'il n'y en avait pas. Quant aux faits, nous avons entendu leur langage. Tenons-nous-en donc à ce témoignage et disons bien haut qu'en face de la nouvelle doctrine orogénique, l'ancienne théorie des soulèvements relatifs, telle que l'ont faite peu à peu les travaux d'Elie de Beaumont, de Constant Prévost, de Dana et de leurs continuateurs, telle qu'aujourd'hui encore elle est admise par M. Richthofen, n'est nullement menacée d'amener son pavillon.

M. **Bertrand** présente les observations suivantes :

Ce qui m'empêche d'accepter sans réserve les conclusions de M. de Lapparent, c'est l'incertitude qui, dans l'état de nos connaissances, règne sur le point de départ. Pouvons-nous fixer, même approximativement, le niveau des mers jurassiques? Différait-il peu ou beaucoup, de quelques centaines ou de quelques milliers de mètres, du niveau des mers actuelles? Là est au fond toute la question. Dans le premier cas, tous les dépôts jurassiques situés à une cote un peu élevée donnent la preuve d'un exhaussement; dans le second, par suite du mouvement centripète général, il ne peut plus s'agir pour un massif ou pour une région déterminée que d'*élévation relative* ou d'*affaissements relatifs*; toute discussion à ce sujet devient alors une simple discussion de mots : car élévation relative ou affaissement relatif sont deux manières équivalentes de dire une seule et même chose, de traduire un seul et même phénomène.

L'argument principal pour la stabilité relative du niveau des mers a été donné par M. de Lapparent; il est d'une grande force, au moins pour les périodes secondaire et tertiaire; c'est la faible altitude moyenne des dépôts restés à peu près horizontaux. Mais les arguments dans l'autre sens ne sont pas négligeables et valent au moins la peine d'être réfutés. Je les emprunte à M. Briart (1) et à M. Heim (2).

Le premier argument suppose que les gneiss et micaschistes ont formé une enveloppe à peu près continue, suivant une surface de niveau, au sphéroïde terrestre, ou autrement dit, que leur stratification primitive était horizontale. L'inclinaison moyenne des gneiss dépasse certainement maintenant 60 degrés; c'est-à-dire que le développement de la section le long d'un méridien embrasserait un cercle de rayon double ($\cos 60^\circ = 1/2$). Le rayon de la terre, au moment de la formation des gneiss, aurait été au moins double du rayon actuel.

(1) Briart, *Principes élémentaires de Paléontologie*, p. 532.

(2) Heim, *Mechanismus der Gebirgsbildung*, t. II, p. 213.

M. Heim applique un calcul analogue à la coupe des Alpes. Le développement des plis du Jura donnerait un accroissement de longueur de 7,000 mètres; celui des plis des Alpes un accroissement de 120,000 mètres. Ces 127 kilomètres, répartis sur tout un grand cercle terrestre, correspondraient par conséquent à une augmentation du rayon de $\frac{127}{2\pi}$, ou de 10 kilomètres. Dans la période tertiaire seule, et cela sans tenir compte des autres régions de plissement que peut rencontrer le même grand cercle, la diminution du rayon terrestre aurait donc été de dix mille mètres (1).

En présence de la grandeur des effets que nous sommes forcés d'attribuer au refroidissement de la terre, j'avoue que cette diminution du rayon ne me semble rien avoir d'in vraisemblable; je crois qu'elle fournit même une solution plus satisfaisante à l'esprit.

Je ne partage pas d'ailleurs la répugnance de M. de Lapparent à admettre la possibilité du phénomène des « *Horste* », c'est-à-dire des môles restant en saillie, tandis que les régions voisines s'affaissent autour d'eux.

Pratiquement même, il me semble impossible d'expliquer autrement l'histoire des Vosges et de la Forêt-Noire par exemple, pendant la période secondaire, à moins d'admettre pour ces massifs un affaissement tout à fait contraire aux idées de M. de Lapparent.

En effet le grès bigarré est sans contestation un dépôt d'eau peu profonde; donc, pour qu'il ait été recouvert en Bavière et en Lorraine de 1,500 mètres au moins de couches marines, il faut que le fond de la mer se soit progressivement affaissé d'autant. Si les Vosges ont suivi le mouvement, l'exhaussement supposé dans la période tertiaire n'est certainement pas suffisant pour en compenser le résultat, et c'est l'affaissement qui domine dans l'histoire du massif. Si au contraire les Vosges n'ont pas suivi ce mouvement, elles ont fonctionné comme « *Horst* ». L'alternative me semble inévitable.

Je n'ai pas la prétention de conclure, je ne crois pas qu'on puisse le faire avec quelque certitude dans une question aussi générale et aussi complexe. Les seuls affaissements réellement prouvés (et ceux-là absolus et non pas relatifs) sont ceux qui sont nécessaires au phénomène même de la sédimentation en eau peu profonde; mais leur nombre est tel, les régions qu'ils embrassent sont tellement étendues qu'il faut être au moins indulgent pour ceux qui voient dans les affaissements le facteur le plus important des mouvements de l'écorce.

(1) Un calcul analogue a été fait pour les Apallaches et a donné 10 kilomètres.

M. de Lapparent s'exprime ainsi :

En réponse aux observations de M. Bertrand, je dirai que j'ai fait le moins possible de théorie et que je me suis surtout attaché à mettre en évidence des *faits géologiques*, lesquels me semblent en contradiction formelle avec la théorie des grands effondrements. L'école de M. Suess affirme que les chutes verticales sont le facteur principal du relief terrestre, tandis que les plissements, avec soulèvement relatif, ne seraient que l'exception. Je crois le contraire et j'ai cherché à le prouver par un grand nombre d'exemples. Ce sont ces exemples qu'il faut discuter. M. Bertrand ne s'occupe que des Vosges et tire argument de la grande épaisseur des dépôts ; c'est oublier, d'une part que, d'après M. Suess, ces dépôts épais ont existé tout aussi bien au-dessus de la partie supposée immobile ; d'autre part que l'épaisseur des dépôts miocènes n'est pas moindre dans les Alpes et que, presque partout, comme l'a depuis longtemps remarqué Dana, les soulèvements sont précédés par une phase d'affaissement et de sédimentation, dont ils sont en quelque sorte la résolution dernière. C'est pourquoi, me réservant de revenir ultérieurement sur la question théorique et, sans nier en quoi que ce soit l'importance des faits d'effondrement, je persiste à croire, jusqu'à nouvel ordre, qu'ils sont subordonnés et ne peuvent se produire qu'en raison même des mouvements préalables déterminés par le ridement de l'écorce.

M. Chaper s'associe au contraire pleinement à la manière de voir de M. de Lapparent ; mais il doit être bien entendu que l'exposé de notre confrère implique la nécessité de l'hypothèse d'une contraction progressive du géoïde terrestre. C'est là ce qu'il ne faut pas perdre de vue. Les altitudes dont a parlé M. de Lapparent sont toujours rapportées au niveau de la surface du géoïde au point considéré, et à l'instant considéré. Or il a très clairement exposé dans sa première conférence les raisons graves qui forcent à admettre que le mouvement général centripète de tous les points de la surface terrestre, conséquence de la contraction du globe, puisse en certains points être accidentellement modifié, même jusqu'à changer de signe momentanément.

M. Labat présente les observations suivantes :

M. de Lapparent vient d'exposer, avec son talent habituel, la théorie des efforts orogéniques. Je partage volontiers sa manière de les concevoir, tout en faisant quelques réserves au sujet des niveaux des

reliefs du globe, considérés par rapport à la surface des mers et au rayon terrestre.

La théorie généralement admise du refroidissement séculaire et la contraction consécutive nous conduit à la conséquence logique de l'affaissement, en tant que phénomène dominant et ultime. Le soulèvement n'est qu'accessoire et relatif, bien qu'il puisse se montrer absolu pour un temps déterminé.

L'affaissement peut affecter le caractère d'effondrement ; mais ce n'est point un effondrement à la manière des puits, des mines et des carrières où existe l'air atmosphérique sous une pression à peu près normale.

M. de Lapparent nous parle de chutes dans le vide ; le vide ne saurait se concevoir sur le noyau liquide coiffé par la croûte terrestre. S'il y a tendance au vide, en vertu de la contraction, le vide ne peut exister à cause de l'expansion des gaz et de la mobilité de la matière lavique. Or ceci constitue une sorte de matelas qui permet les déplacements et les dénivellations mais qui, selon moi, est le préservatif le mieux assuré des plongeurs et des chutes brusques.

Cette façon de voir n'a rien de contraire à la théorie actuelle des rides et des plissements.

Des calculs longs et incertains pourraient donner une idée approximative du poids d'un segment de la calotte extérieure. D'autre part, si l'on prend un arc peu étendu, la courbure sera très faible et l'on aura affaire à une masse offrant plutôt la forme d'une table que d'une voûte. Comment admettre le vide dans ces conditions ?

Ajoutons que s'il y a une tendance générale à la diminution du noyau central par contraction, il y a une tendance constante à l'expansion par la présence des gaz emprisonnés ou par le passage des liquides à l'état gazeux ; les déjections volcaniques sont une preuve permanente de cet état et de cette force centrifuge opposée à la pesanteur. Tout cela repose sur une partie théorique.

1^o Etat fluide primitif de la planète ; refroidissement progressif et emprisonnement de la chaleur centrale sous un manteau mauvais conducteur.

2^o Sur une partie empirique : Etude des plis, des fonds et des reliefs de la croûte disloquée.

Etude des failles et des rejets.

3^o Sur une partie expérimentale, feuilletés et plissements artificiels.

A la suite de cette discussion, M. de La Moussaye présente une observation.