Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 6 (1909)

Artikel: Le sidérolithique suisse : contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments

Autor: Fleury, Ernest

Kapitel: VII: Origine et mode de formation

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306973

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 12.12.2025

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

« La Science vit de faits, mais ce sont toujours les grandes généralisations qui les font naître. Une théorie fondamentale ne peut être modifiée sans que l'orientation des recherches scientifiques change aussitôt. »

Dr G. Le Bon : *L'évolution de la matière*. p. 299. 1905.

VII

ORIGINE ET MODE DE FORMATION

Différentes hypothèses ont essayé à plusieurs reprises d'expliquer le mode de formation des matériaux sidérolithiques et d'en reconnaître l'origine. Dans la première partie de cette étude, j'ai indiqué en passant les principales, il reste à les examiner et aussi à en compléter l'énumération.

A certains égards, leur étude pourrait être faite avec utilité et intérêt suivant deux méthodes, selon que l'on aurait en vue l'évolution des idées, ou bien au contraire, les affinités réciproques des hypothèses. Par une coïncidence assez rare, mais parfaitement normale, il se trouve que la classification chronologique de ces hypothèses ne diffère que très faiblement de leur groupement par analogie. Ainsi, les deux grandes catégories qui s'imposent à priori, groupent d'une part, les hypothèses dont le point de départ est une origine interne et de l'autre, celles, qui au contraire, n'admettent qu'une provenance externe et superficielle pour les matériaux sidérolithiques : or, les premières sont les plus anciennes, les secondes sont les modernes.

Nous allons les examiner successivement dans cet ordre.

A. Hypothèses anciennes.

Comme il vient d'être dit, les théories appartenant à ce groupe, attribuent aux matériaux sidérolithiques une origine

interne ; elles les font provenir plus ou moins directement de la profondeur terrestre par voie hydrothermale ou semi-plutonique même. Et comme le seul jeu des actions ordinaires et des phénomènes actuels réguliers est insuffisant pour expliquer ou pour justifier le développement énorme des gisements et l'accumulation complexe des matériaux, elles empruntent le secours de bouleversements, de cataclysmes irréguliers ou tout au moins sporadiques. Ce sont les plus anciennes : elles ont le mérite de la première heure, mais actuellement, elles sont de plus en plus abandonnées et leurs partisans deviennent de moins en moins nombreux.

Certes, il peut paraître aujourd'hui étrange, mais de prime abord seulement, que des hommes dont nous avons appris à vénérer la mémoire par leurs œuvres, se soient arrêtés à des considérations de cet ordre. Mais, pour les juger, faut-il aller jusqu'à eux, et ne pas oublier qu'en science, comme en histoire, la méconnaissance du moment, du milieu, est plus injuste souvent que la partialité. Ces théories, étranges, depuis seulement que le jeu des forces naturelles nous a livré en partie, le secret de sa plasticité et de sa variabilité extrêmes, reflètent leur époque ; elles sont l'expression des doctrines de leur temps, au même titre que le silex du troglodyte ou le tableau du primitif, fixent le stade d'évolution de l'art chez un peuple et pour une époque. Sans doute, il n'est guère difficile d'y reconnaître des inconséquences, des confusions grossières peut-être, mais encore, faut-il les passer sous silence et savoir apprécier la grandeur de l'œuvre, de même que dans une œuvre ancienne, artistique ou littéraire, un beau coup de pinceau, une belle page, peuvent excuser bien des défauts. Ceux qui étudient aujourd'hui leurs devanciers l'oublient trop souvent ; on dirait même, qu'ils cherchent quelquefois dans les erreurs ou les confusions du passé, le piédestal de leurs productions personnelles.

Pour résoudre un problème complexe et difficile comme l'est celui qui nous occupe, il est indispensable d'avoir préalablement préparé une base sérieuse par l'observation rigou-

reuse et exacte, bien coordonnée, de nombreux faits : or, ce ne peut être le fruit d'un travail de début et toute l'œuvre de ceux qui, en partant de faits trop mal reconnus, ont essayé prématurément de résoudre le problème, se ressent de cette insuffisance. Nous aurions raison de leur reprocher d'avoir voulu atteindre trop tôt le résultat. Mais encore, ne faut-il pas oublier et méconnaître le droit qu'a tout travailleur d'interpréter les conclusions de ses propres observations.

Nous lisons avec admiration et souvent avec grande utilité, les anciens, par exemple, Aristote, Strabon, Pline, Agricola, etc., pourquoi agirions-nous différemment et serions-nous plus injustes envers des hommes, dont nous sommes peut-être les disciples et qui n'ont d'autres défauts que d'avoir peiné et écrit à une époque plus rapprochée de la nôtre et qui souvent, nous ont frayé la route.

Les débuts du XIXe siècle, auxquels appartiennent la plupart des anciennes hypothèses, furent remplis par la grande querelle des Plutoniens et des Neptuniens. Hutton à Edimbourg, Werner à Freyberg, eurent leurs écoles, mais pas assez fermées cependant pour que les idées des maîtres ne pussent passer de l'une à l'autre. C'était d'ailleurs l'âge classique, peut-on dire, du catastrophisme et pour échapper à l'influence de l'époque, il aurait fallu devancer les temps. A la suite de Lazzoro-Moro (1740), Charpentier soutenait en 1823, l'origine éruptive du sel gemme des salines de Bex (Vaud) et en 1834 encore, Alberti se faisait le champion de cette même opinion. Omalius d'Halloy (1812), Brongniart et Cuvier [1] (1822) faisaient également du calcaire d'eau douce de France, d'Italie et de Hongrie un travertin geysérien, tandis que Léopold de Buch réclamait (1822) une origine éruptive, par des vapeurs, pour la dolomie du Tyrol et le

---

[1]) « Nous ne pouvons nous refuser d'attribuer à des eaux calcarifères sortant du sein de la terre et de dessous le terrain de sédiment le plus ancien, la formation des terrains d'eau douce d'Italie et de Hongrie. »

Al. Brongniart et G. Cuvier.

gypse du Hartz, alors qu'allant plus loin encore, d'Halloy (1836) évoquait la même cause pour les argiles et les sables bruxellois. Enfin, c'était l'époque de l'apparition de cette théorie si longtemps défendue, des « cratères de soulèvement » de Léopold de Buch et d'Elie de Beaumont, qu'un disciple et élève de l'immortel professeur de l'Ecole supérieure des mines, J. Thurmann, devait, je dirais volontiers, « paraphraser » pour les Monts Jura, dans ses « soulèvements du Porrentruy ».

Qu'y a-t-il alors de surprenant, qu'Al. Brongniart imagine pour ses fers pisiformes, une origine par voie hydrothermale et que A. Gressly, l'ami de J. Thurmann, la complique encore de phénomènes éruptifs? L'accueil qui fut accordé à ces doctrines, la faveur dont elles jouissent même encore aujourd'hui, constituent des témoignages suffisamment éloquents pour éviter plus amples commentaires.

Les hypothèses anciennes se subdivisent en deux groupements :

Le premier groupement, le plus nombreux, comprend toutes les hypothèses qui utilisent l'action des eaux minérales et thermales, comme véhicules des éléments sidérolithiques, amenés de la profondeur à la surface terrestre. Parmi les principales je citerai celles de Al. Brongniart, de Thirria, d'Alberti, de Jäger, de Müller et de Kœchlin-Schlumberger.

Au second groupe, moins important, appartiennent les théories qui ajoutent au jeu des eaux thermales, l'action des phénomènes éruptifs ou semi-plutoniques. Les plus importantes sont celles d'Amanz Gressly (1838-41) et d'Aug. Quiquerez.

Nous avons donc à étudier successivement :

a) Les théories hydrothermales ;
b) Les théories semi-plutoniques.

a) Théories hydrothermales.

I. Hypothèse d'Alexandre Brongniart.

Le premier [1]), Al. Brongniart, proposa une explication de l'origine et du mode de formation des matériaux sidérolithiques. Sa théorie est exposée dans un petit mémoire, déjà bien oublié, sur les *Brèches osseuses et les minerais de fer en grains pisiformes de même position géognostique,* publié en 1828 [2]).

Pour Brongniart, le minerai de fer — il ne se préoccupe guère des autres produits qui l'accompagnent — est un précipité d'oxyde de fer des eaux thermales ferrugineuses venant de la profondeur par les fissures et les crevasses des terrains calcaires jurassiques et autres. La forme des pisolithes n'est pas le résultat du transport ou du roulement, mais le fait d'une action chimique, la précipitation en pleine émission des eaux bouillonnantes, d'après un processus comparable à celui qui aujourd'hui encore produit les pisolithes calcaires de Carlsbad. Toutefois, il prétend que c'est une précipitation très localisée « qui a accompagné ou précédé de très près, l'époque où le minerai a été étendu à la surface du sol voisin où il s'est formé, ces mêmes sources en s'épanchant à la surface au travers des fissures ou des fentes du sol le déposaient, ou même quelquefois l'accumulaient déjà dans les fissures, où il devait se trouver mêlé à des débris de roches calcaires, ce qui avec l'aide d'un ciment ferrugineux engendrait les brèches ».

Brongniart admet donc par ces considérations, un véritable *remplissage de bas en haut per ascensum,* et *in situ.*

---

[1]) Al. Brongniart n'est pas, en réalité, le premier géologue qui essaya d'exliquer ces formations, car avant lui déjà, il y eut quelques essais, mais nous ne saurions en tenir compte.

[2]) Al. Brongniart : *Annales des Sciences naturelles* 1828, XIV, p. 410 et 1829.

Mais n'oublions pas, qu'il attribuait aux phénomènes d'alluvionnement et de transport par les eaux un rôle important, car sans doute déjà alors, il avait tracé les grandes lignes de sa « classification des terrains » qui devait paraître deux ans plus tard et dans laquelle il laissait une si large place aux *terrains diluviens,* comprenant *ses terrains clysmiens,* qu'il définissait par « transport ou alluvion ». En outre, nous avons vu plus haut, qu'il récusait le *superstratum* sidérolithique, car il est très expressif sur ce point : « ce minerai est superficiel; je n'ai vu nulle part aucune couche pierreuse régulièrement placée au-dessus de lui et je ne sache pas qu'on cite d'exemple évident du contraire ». Et cependant il connaissait de travail de Mérian, qui avec Escher subordonnaient le bohnerz de l'Argovie à la mollasse suisse et lui-même avait visité le Jura bernois où ce superstratum est très apparent. Mais comme bien d'autres à sa suite — et sous son influence peut-être, — il ne fit pas attention à l'observation du professeur bâlois et j'ai déjà dit ailleurs, qu'il ne paraît pas avoir identifié nettement ses fers pisiformes avec les bohnerz des Allemands.

Est-ce pour ces motifs, qu'il se crut obligé, ou qu'il se vit forcé, peut-être même, de faire intervenir dans son hypothèse « la grande catastrophe aqueuse qui est venue balayer la surface du globe, qui paraît avoir mis en mouvement les blocs erratiques !... et entraîné dans les cavernes et les fentes les débris d'animaux et de roches répandus dans leur voisinage, a de même rejeté dans les fissures et les cavernes jurassiques le minerai pisiforme qui en sortait et en a rempli les vides que ces cavités pouvaient encore présenter. » (p. 23). Certains auteurs le pensent. Toutefois, il me semble qu'en agissant ainsi, contrairement à ce que dit Levallois [1]), Brongniart n'était véritablement la victime d'aucun préjugé, il interprétait de son mieux un phénomène complexe qu'il ne saisissait pas, parce qu'il confondait certains faits très importants.

---

[1]) Levallois : *B. S. G. France* 1870. XXVIII. p. 183.

Pour lui, l'apparition des sources « sidérolithiques » était un phénomène particulier d'une époque géologique très agitée ; il avait donc le droit d'invoquer les cataclysmes, d'autant plus qu'il était, comme son temps, catastrophiste et que surtout, la seule action des forces ordinaires et régulières était insuffisante pour expliquer l'ensemble du phénomène.

La confusion que commet Brongniart en rapprochant des phénomènes glaciaires les remplissages sidérolithiques, (quelques-uns seulement !), peut paraître aujourd'hui monstrueuse ; d'ailleurs on la lui a vivement reprochée. Et cependant, pour son temps, elle n'a rien de si extraordinaire, puisque le problème glaciaire venait à peine d'être soulevé par Charpentier et Venetz père et que l'âge des gisements sidérolithiques n'était affirmé par aucun reste organisé fossile. Pour l'interprétation de son hypothèse, Brongniart ayant besoin d'un agent puissant, empruntait celui qui était alors à la mode, tout comme aujourd'hui les nappes de charriage ou les chevauchements résolvent bien des problèmes ! Quant à prétendre, comme l'ont fait certains, que cette confusion est la conséquence de faux préjugés, c'est là une accusation purement gratuite. Déjà alors, Brongniart distinguait pour ses dépôts de minerais pisiformes, deux groupes: d'une part, ceux formés directement *per ascensum* et *in situ* et de l'autre, ceux résultant du grand bouleversement et formés *per descensum*.

Au premier groupement appartiennent les crevasses à minerais, mais sans ossements, au second, celles à ossements : les brêches osseuses. Il distinguait donc en réalité les minerais en place des minerais remaniés. Le Jura n'avait alors fourni aucune preuve intéressante de ce remaniement dans la formation des brèches osseuses, c'était donc là une objection à son interprétation. Mais il y répondait en disant, que la formation du minerai de fer pouvait être antérieure au remplissage des fissures et des cavernes et peut-être même au dépôt de la mollasse et de la gompholithe, et si, dans le Jura, les ossements font défaut, c'est que le remaniement n'a pas eu à remplir des crevasses qui l'étaient déjà, ce qui

n'était pas le cas pour la région méditerranéenne où ce remplissage s'est fait par les brêches osseuses à ciment ferrugineux. Et dans sa classification, il confirma cette même opinion, en groupant les cavernes à brèches osseuses d'Antibes, de la Carniole et du Jura, dans les *terrains clastiques,* tandis que le fer pisolithique du Jura, du Berry et de la Franche-Comté est placé dans les *plusiaques.*

Quant aux crevasses, aux fentes, aux cavernes qu'il confond d'ailleurs, il n'en explique pas autrement l'origine ; il admet seulement que leur formation est antérieure au dépôt du fer pisiforme et il ajoute que « la même cause qui a ouvert les fissures dans le Jura, paraît avoir agi à peu près dans le même temps sur les bords du bassin de la Méditerranée » (p. 20).

Telle est succintement exposée la théorie émise par le fondateur de la Stratigraphie de France. Son influence sur l'orientation des idées de l'époque fut énorme. Elle fut généralement admise ; d'Halloy, la plupart des géologues s'en firent les défenseurs, et on la retrouve dans ses grandes lignes à la base des autres hypothèses émises dans la suite. Quelles que soient la fantaisie de certaines de ces interprétations ou l'erreur manifeste de quelques autres, elle n'est pas moins cependant la première en date et en importance. Mais si elle a le mérite de la première heure, elle en a aussi les défauts. Ses partisans sont aujourd'hui assez rares, mais elle n'est pas cependant totalement abandonnée et tout récemment, en 1888, un géologue français, M. de Grossouvre [1]), ingénieur des mines, a essayé de lui redonner un peu d'actualité, mais sans beaucoup de succès, semble-t-il. Je reviendrai aux idées soutenues par Brongniart et M. de Grossouvre après avoir exposé les autres hypothèses.

II. Hypothèses d'Emile Thirria.

L'ingénieur des mines Emile Thirria, dont j'ai déjà si-

---

[1]) DE GROSSOURE : *Minerais du Centre de la France.* An. des m. sept.-octobre 1886 et B. S. G. Fr. 3e, XVI, p. 287. 1888.

gnalé l'œuvre géologique, fut amené le premier, à modifier, et surtout à compléter l'hypothèse de Brongniart. Il fit connaître à deux reprises différentes, en 1833 d'abord, puis en 1851, deux essais d'interprétation de la formation sidérolithique. Le premier parut dans sa « Statistique minéralogique et géologique de la Haute-Saône » [1]) de 1833. Il est peu connu.

Comme Brongniart, Thirria admit une origine hydrothermale pour la silice et la matière ferrugineuse, les attribuant, en partie du moins, à des sources minérales qui sourdaient dans le bassin où le terrain s'est déposé : ce sont des précipitations chimiques. Toutefois, il refuse une trop grande importance à l'action chimique, qu'il paraît évaluer par la puissance de cristallisation présentée par les sédiments. Or, comme dans l'espèce, les formes cristallines sont exceptionnelles, il en conclut à une sédimentation par voie mécanique. La forme même des pisolithes, d'après lui, tiendrait à ce fait et leur structure concentrique résultat de l'attraction moléculaire, serait une tendance vers la cristallisation non effectuée.

Mais où Thirria se sépare plus encore de Brongniart, c'est en affirmant que le terrain du fer pisiforme, qu'il avait créé dans sa classification, s'est formé dans un liquide analogue à celui des mers actuelles. Avec Voltz son ami, nous avons vu déjà qu'il avait recueilli, mêlés aux minerais, quelques fossiles marins, ce qui expliquerait alors cette opinion. Et cependant, tout en se séparant ainsi de Brongniart, il reste, avec lui, catastrophiste. Du fait qu'il rencontra dans quelques conglomérats calcaires des débris végétaux, il en vint à penser qu'une tourmente avait dû se manifester pendant la sédimentation de ces produits.

On sent dans cet « entassement » d'idées, que Thirria cherchait une voie que les doctrines courantes ne lui offraient pas, mais on sent aussi, qu'il n'était pas prêt de la trouver, malgré la grande connaissance qu'il avait des formations sidérolithiques du Centre et de l'Est français.

---

[1]) E. Thirria : Voir l'Index général.

La seconde hypothèse de Thirria complète encore celle de 1833. Elle se rapproche davantage que la première de celle de Brongniart. Elle fut publiée en 1851, dans son excellent mémoire *Sur les similitudes qni existent entre les minerais de fers en grains de la Franche-Comté et ceux du Berri,* paru dans les *Annales des Mines.*

Le minerai de fer serait alors le résultat de la précipitation chimique dans les eaux minérales, thermales et acides, qui durant le tertiaire, furent particulièrement abondantes dans le Berry et la Franche-Comté. Ces eaux arrivaient à la surface par les anciens passages des sources minérales des époques précédentes ou par des issues nouvelles qu'elles s'étaient ouvertes, mais elles s'épanchaient dans des lacs d'eau douce. Elles tenaient en dissolution diverses substances: des carbonates de fer, de manganèse, de chaux, mais en moindre proportion pour ce dernier, de la silice, de l'alumine, du phosphate de fer ou d'alumine.

Par contre, comme Brongniart, il pense que les grains de fer ont dû se former comme les pisolithes de Carlsbad, de St-Philippe et de Tivoli, tantôt dans les fentes et les crevasses par lesquelles les sources se déversaient, tantôt au fond des lacs où ces eaux s'épanchaient; mais la forme résulterait toujours de l'attraction moléculaire autour d'un centre, noyau argileux, calcaire, débris organique même, etc...

Tant que les eaux acides, acidulées surtout par l'acide carbonique dissout, circulaient dans les fentes ou les galeries qu'elles traversaient pour se faire jour à la surface, leur composition variait peu, il n'y avait guère de précipitation, par suite de la pression exercée dans cette circulation en conduite fermée. Mais cette pression venant à être modifiée, cas qui devait se produire inévitablement à leurs résurgences, immédiatement, il y avait dégagement d'acide carbonique, sulfurique peut-être et précipitation. Le carbonate de fer précipité de ce fait passait au peroxyde grâce à l'oxygène fourni par l'eau douce : celui de manganèse subissait également cette même transformation et lorsque les eaux étaient calmes, il se produisait des rognons, des tubercules, des pla-

quettes, des concrétions diverses, tandis que l'agitation favorisait la formation des pisolithes. La silice également en solution, grâce à l'acide carbonique, se précipitait aussi, entraînant avec elle l'alumine pour former des alumino-silicates de fer. Enfin, le carbonate de chaux, le phosphate de fer... devaient se déposer à leur tour. C'est ce carbonate de chaux précipité qui a fourni les nodules calcaires à grains de fer et le ciment des conglomérats.

Mais pour admettre un semblable processus, l'action seule de l'acide carbonique est insuffisante, aussi Thirria la complète-t-il par celle de l'acide sulfurique et c'est par elle qu'il justifie la présence de l'alumine, la formation des nodules ou des grains de sulfure de fer. Et avec ses contemporains, il croit que les traces évidentes de corrosion que présentent les parois des fentes ou des crevasses ou le fond qui sert de substratum aux matériaux sidérolithiques sont la preuve de l'action des eaux acides et il y trouve un argument en faveur de sa théorie.

Comme on le voit par cet aperçu rapide, cette seconde hypothèse de Thirria diffère notablement de la première, à tel point qu'on pourrait se demander si véritablement toutes deux sont bien l'œuvre du même savant. Mais ici encore, Thirria offre le type accompli du géologue qui défend ses idées, les développant, les corrigeant, en un mot cherchant toujours à aller de l'avant. Catastrophiste encore en 1833, avec Brongniart, il devient actualiste !... et en 1851, il n'évoque plus ni tourmente, ni catastrophisme : les brèches, les conglomérats, résultent tout simplement du travail des torrents se déversant dans les lacs où se produisait le phénomène sidérolithique.

Thirria en 1833 cherchait sa voie. Il l'a trouvée en 1851. S'il n'a pas pu la tracer jusqu'au bout, il l'a ouverte du moins. Toute l'importance de sa dernière théorie tient à ce fait : l'action de l'acide carbonique.

Ce sont les idées de Thirria que Jäger et Alberti soutinrent en Allemagne; mais je ne m'y arrêterai pas, il suffit d'en faire mention.

III. Hypothèse d'Albert Müller.

Le professeur bâlois, Alb. Müller est également l'auteur d'une hypothèse sidérolithique, qu'il publia en 1857 dans les mémoires de la Société des Sciences naturelles de Bâle : *Ueber die Enstehung der Eisen und Manganerze im Jura.*

L'hypothèse de Müller continue celle de Thirria. Son auteur l'imagina surtout pour combattre et réfuter celle d'A. Gressly, alors très soutenue. Müller tend vers l'actualisme, mais il n'arrive pas à se dégager du catastrophisme de Gressly.

Dans l'intérieur de la terre, les masses éruptives en ignition sont en contact avec les dépôts calcaires de sédiment. Sous l'influence de ce contact, d'après Müller, il doit se produire d'abondants dégagements de gaz carbonique libre, qui cherchant une issue pour se dégager, passe par dissolution dans les eaux thermales qui l'absorbent sous pression et de ce fait deviennent acides. En circulant alors au travers du sol par les fissures, les fentes prééxistantes ou par les passages qu'elles s'ouvrent, ces eaux acidulées dissolvent les calcaires qu'elles traversent.

Müller base son hypothèse sur des expériences de laboratoire. C'est le premier semble-t-il, qui ait songé à utiliser l'expérimentation comme méthode de recherches dans la solution du problème sidérolithique. L'acide carbonique en solution agit à la longue sur les roches calcaires, à la manière des autres acides, mais moins énergiquement et surtout moins rapidement : il y a une dissolution et un résidu d'argile et de sable. Presque tous les calcaires sont riches en fer oxydé et en manganèse ; ils renferment également de la silice, de la magnésie, en un mot, toutes les substances que l'on retrouve dans les matériaux sidérolithiques. Si donc on suppose des eaux capables de les dissoudre et d'en séparer les éléments par précipitation ou par voie mécanique même, il n'est pas difficile d'expliquer la provenance et le mode de formation des dépôts de bohnerz.

L'hypothèse de Müller n'eut pas grand succès, du moins

directement. Il est vrai qu'elle est très incomplète. Mais elle eut le mérite, d'accentuer la rupture avec la vieille école catastrophiste et d'inaugurer, en la question, l'expérimentation, comme méthode de recherches.

IV. Hypothèse de Kœcklin-Schlumberger.

C'est un peu improprement que je parle ici d'une hypothèse de Kœchlin-Schlumberger, car c'est plutôt une simple revision très augmentée, de celle du professeur bâlois, Albert Müller, qui vient d'être exposée. Kœchlin attire l'attention sur certains faits très importants que Müller paraît avoir trop négligés. Parfois cependant, il emprunte des arguments à Thirria (2e hypothèse, 1851). Mais précisément en raison de ce caractère synthétique que présente la théorie de Kœchlin et aussi, à cause de certains faits qu'elle met bien en relief, je crois devoir lui réserver une place dans cette énumération.

D'après Kœchlin, les eaux des sources sidérolithiques invoquées par Müller devaient être très riches en carbonate de fer dissout, mais pauvres en carbonate de chaux, en magnésie et en oxyde de manganèse. La silice, l'alumine n'étaient pas dissoutes, seulement en suspension. Il attache beaucoup d'importance à ce fait et avec raison, car, sans ces conditions, il est assez difficile d'expliquer la composition minéralogique des matériaux sidérolithiques. Mais constituées comme le pense Kœchlin, ces eaux deviennent de véritables solutions prêtes à précipitation et précisément, il explique, qu'en, raison des pressions exercées sur cette circulation en conduite fermée, les eaux saturées de carbonate de fer, ne pouvaient dissoudre le carbonate de chaux des terrains calcaires qu'elles traversaient, ni échanger leurs bases. Par contre, une fois arrivées au repos, de nombreux échanges se produisaient entre la masse liquide et les terrains en contact, en même temps que des précipitations chimiques ou mécaniques s'effectuaient. Le carbonate de fer, par un procédé bien connu,

---

[1]) Kœchlin-Schlumberger : B. S. G. Fr. 2e XIII. 1856. p. 729.

passait au peroxyde et se déposait, laissant libre une grande quantité d'acide carbonique, qui produisait alors les formes de corrosion bien connues sur les parois, les impressions des galets même. La magnésie, le manganèse, comme le fer, se précipitaient, alors que la silice et l'alumine se déposaient seulement.

Quant à la structure concentrique des pisolithes, elle ne serait pas le résultat du bouillonnement des eaux, mais simplement une épigénie des concrétions oolitiques astartiennes.

b) Théories semi-plutoniques.

Les hypothèses de ce groupe sont peu nombreuses. Leur principal caractère est dans l'importance qu'elles attribuent aux phénomènes d'ordre plutonique. Toutes sont cependant hydrothermales et empruntent surtout les principes de l'hypothèse de Brongniart. Aucune d'elles n'est admise aujourd'hui.

I. Hypothèse de Amanz Gressly.

C'est dans son ouvrage si apprécié, mais trop peu connu: *Observations géologiques sur le Jura-Soleurois* [1]), publié de 1838 à 1841, que Gressly fit connaître et la notion des faciès et son hypothèse sidérolithique. L'hypothèse de Brongniart lui paraissant incomplète, le géologue soleurois se proposa de la compléter. En réalité, il ne fit que l'amplifier, en la compliquant bien inutilement de phénomènes éruptifs qu'aucun fait fondé ne justifiait. Toutefois, Gressly fut un observateur de première force et en exposant son ingénieuse, mais trop fantaisiste théorie, il croyait partir cependant de faits bien établis.

D'après lui, « les dépôts sidérolithiques ne présentent pas, en général, les caractères ordinaires des terrains purement

---

[1]) A. Gressly. Voir l'Index.

neptuniques », p. 184. C'est la base de son hypothèse. Et pour établir cette constatation qu'il admit en principe, trop tôt sans doute, il évoque la composition minéralogique des gisements sidérolithiques, qui lui paraît assez comparable à celle des dépôts dus à certaines sources minérales, chaudes et jaillissantes, leur irrégularité, qui rappelle les nappes d'épanchement par coulées boueuses et surtout, l'absence de fossile, qui exclut une origine marine. En outre, Gressly attribuait une importance énorme à la position des dépôts : d'une part aux crevasses et cavernes à parois corrodées, fréquemment en contact avec la masse des dépôts; de l'autre, aux phénomènes tectoniques divers, bouleversements, failles, etc., que présente assez souvent le sol des bassins sidérolithiques. Et pour ce dernier motif surtout, Gressly pensait pouvoir admettre une connexion intime entre la puissance des dépôts sidérolithiques et l'importance des chaînes soulevées, car il avait cru reconnaître, que les dépôts sont constamment localisés le long des lèvres de rupture des failles longitudinales du pied des chaînes jurassiennes, régions qu'il considérait comme parties faibles de l'écorce terrestre. Cela étant, la disposition même des chaînes concourt avec celle des dépôts à l'identification des points centraux de soulèvement et des ruptures cratériformes en « crabonières » qui jalonnent la chaîne jurassienne et le bassin sidérolithique suisse.

Partant alors de ces prémisses, admises en principe, Gressly termine son syllogisme et en conclut :

1. Une connexion intime entre la formation du terrain sidérolithique et les phénomènes du soulèvement jurassien.

2. Une relation de cause à effet entre le soulèvement et la formation éruptive, semi-plutonique tout au moins, des dépôts de minerais de fer.

Et alors, avec une imagination et une poésie qui n'ont rien de géologique, Gressly fait intervenir :

1. Des vapeurs incandescentes riches en acides et en oxydes parcourant les crevasses aujourd'hui remplies de brèches.

2. Des épanchements réels de matière ferrugineuse en fusion ou en pâte boueuse, par les failles et les crevasses qui en dérivent.

3. Des filets d'eau apportant par les fissures du sol bouleversé, les silicates terreux et les argiles smectiques.

4. Des sources en ébullition très puissantes, dans lesquelles se forment les minerais pisolithiques.

5. Enfin, de véritables cratères d'éruption situés le long des failles.

Comme Brongniart, qu'il suit d'ailleurs très servilement, Gressly admit des remplissages *per ascensum* et *in situ*, lesquels dans l'espèce devenaient véritablement filoniens. Et aussi comme Brongniart, pour justifier d'autres remplissages *per descensum*, il évoque, un « grand charriage aquatique » qui eut pour résultat la régularisation interne et géographique des dépôts et des gisements.

Gressly attribue encore une grande signification aux phénomènes de soulèvement et il me semble, après avoir beaucoup étudié son œuvre, que c'est à l'influence de cette théorie d'Elie de Beaumont, de L. de Buch et de J. Thurmann, que le géologue soleurois dut ses grosses confusions, comme on peut facilement s'en convaincre en continuant l'examen de son hypothèse.

La force qui en agissant de bas en haut a provoqué le soulèvement jurassique, a déterminé de ce fait des ruptures, tant au sommet des voûtes, qu'à l'origine même des flancs de la voussure.

Les strates les plus éloignés sont ceux qui ont le plus souffert ; chaque soulèvement ressemble à un entonnoir ouvert et béant par en haut, fermé par en bas et ce qui a lieu pour l'axe de la voûte, a lieu également, mais en sens opposé, pour les lèvres latérales. Il y a ainsi deux séries de fractures, de directions différentes, les unes ouvertes par le haut, les autres ouvertes par le bas. Les premières sont forcément plus éloignées du centre igné que les secondes qui sont en communication directe avec lui, et pour ce motif, les premières sont simplement des *cratères d'explosion* à dégagement gazeux,

alors que les secondes, véritables cheminées volcaniques, livrent passage aux matériaux plutoniques, fluides ou semi-fluides de la masse centrale en voie d'épanchement.

De cette façon, il y aurait bien deux espèces de « volcans », car c'est ainsi que Gressly se figure le processus: des volcans gazeux (à dégagement) servant de soupapes et des volcans (à épanchement) comparables à ceux qui se manifestent encore de nos jours, dont la seule distinction serait simplement leur position géographique. Il justifie ces considérations par des comparaisons et des rapprochements avec les volcans d'Italie et du Mexique surtout.

Quant à l'époque pendant laquelle ces phénomènes se sont produits, Gressly la fait commencer avec les premières commotions du sol jurassique; mais il admet également que ces mêmes phénomènes ont pu se continuer durant tout le soulèvement. Il les lie même aux *épigénies dolomitiques et gypseuses des voûtes et failles keupériennes et conchylliennes* et de ce fait, l'époque sidérolithique de Gressly s'étendrait de la fin du Jurassique au milieu du tertiaire, tout au moins.

Telle est, un peu trop brièvement exposée, la théorie si connue de A. Gressly. Elle eut un succès et une importance énormes et c'est à peine si durant tout le cours de son règne, elle fut combattue ou simplement corrigée. Nous avons vu en effet, que le premier coup lui fut porté par le prof. bâlois A. Müller. Le Dr Greppin l'admit telle quelle pendant très longtemps; mais A. Quiquerez en publia déjà en 1852, un complément, précisant certains points ou en développant quelques autres. Mais en réalité, Quiquerez ne saurait être considéré comme l'auteur d'une hypothèse personnelle.

II. Hypothèse Gressly-Quiquerez.

En 1852, l'ingénieur des mines du Jura bernois, A. Quiquerez [1]) publia un mémoire: *Recueil d'observations sur le*

---

[1]) A. Quiqerez. in N. Mémoires Soc. helv. Sciences naturelles 1852.

terrain sidérolithique dans le Jura bernois, du plus grand intérêt.

Quiquerez attire l'attention sur quelques faits importants, signalés pour la plupart par Gressly, mais trop peu développés par ce dernier. Les phénomènes d'altération de contact, de corrosion sont surtout bien étudiés, mais au point de vue de l'auteur. Il va plus loin encore que Gressly au sujet des failles éjectives et signale en plus de celles déjà indiquées, des remplissages de sables siliceux.

En outre, le géologue de Bellerive, en citant les observations, indique les lieux où elles ont été faites, et c'est un de ses grands mérites; par malheur, il est aujourd'hui souvent impossible de les vérifier.

Pour lui, le centre de la formation serait le val de Delémont et quelques vallées voisines. Il avait assez bien reconnu les caractères géographiques des gisements, mais comme Gressly, il admit les phénomènes de soulèvement de bas en haut, un peu obliquement cependant pour les chaînes latérales.

Ce n'est que plus tard, vers 1855, qu'il attribua un rôle bien important à l'acide carbonique. Auparavant, admettant l'action des eaux minérales et des matériaux éruptifs, la corrosion, le métamorphisme des roches s'expliquaient d'eux-mêmes.

En 1856, dans une lettre à Kœchlin, Quiquerez affirme qu'il conteste l'hypothèse de Gressly, niant toute cause plutonique ou volcanique; mais Greppin avait déjà alors publié ses « notes géologiques » [2]).

c) Théories extra-terrestres.

Sous cette appellation, peu compréhensible peut-être, mais pourtant très expressive dans le cas, se place une théorie assez étrange et peu connue.

---

[2]) Dr J. B. Greppin. in N. Mémoire Soc. helv. Sciences naturelles 1855.

Hypothèse de M. Frey.

Dans une lettre, M. l'ingénieur Frey, inspecteur des mines du Jura, a bien voulu m'exposer son hypothèse sur la formation des pisolithes ferrugineuses. D'après M. Frey, les grains de fer seraient dus à *une pluie de fer* provenant de nuages chargés de vapeurs de fer refroidis et condensés. En tombant et en continuant à se condenser, la matière ferrugineuse « devait prendre la forme globuleuse ».

Cette interprétation, d'après M. Frey, expliquerait, ce que ne font pas les autres hypothèses, la forme des pisolithes et leur distribution dans les bols.

Elle en fait une sorte de pluie fossile [1]).

Il est vrai que M. Frey, à qui j'exprime ici ma gratitude pour les nombreux renseignements qu'il m'a fournis si obligeamment, avoue que son hypothèse n'est pas généralement admise.

B. Hypothèses modernes.

Les hypothèses de ce groupe ne sont qu'au nombre de deux. Elles méritent leur titre de modernes, moins peut-être pour le fait de leur apparition plus récente, que parce qu'elles empruntent leurs principes aux doctrines actualistes. Elles ont, en effet, pour caractère commun de repousser l'origine interne des matériaux sidérolithiques et de récuser toute intervention des phénomènes cataclysmiques.

Battu en brèche déjà par ses propres disciples, le pur catastrophisme de Brongniart et de Gressly a reçu le coup de grâce par l'apparition des hypothèses du prof. Dieulafait, de Marseille et du savant géologue belge M. E. van den Brœck.

Nous allons étudier successivement l'œuvre de chacun d'eux.

---

[1]) On sait que le vent, la pluie, ont parfois imprimé sur les roches meubles des traces de leurs actions que l'on a appelées *vent fossile* (gypse des environs de Paris), *pluie fossile* (empreintes de certains grès triasiques à moulages sableux, etc.).

I. Hypothèse de M. Dieulafait.

C'est dans son mémoire [1]) sur les phosphates de chaux que Dieulafait a fait connaître sa théorie sidérolithique. Quel que soit jamais le sort de l'hypothèse, le mémoire restera cependant classique. Pour la première fois, il me semble, « l'origine externe » des produits sidérolithiques fut affirmée, en même temps que l'anologie des phosphorites et des minerais pisolithiques y était admise en principe. Pour ce dernier motif surtout, le mémoire du perspicace professeur de Marseille mériterait d'être mieux connu.

L'hypothèse de Dieulafait, car c'est une hypothèse, part d'un principe nouveau, mais utilise une méthode déjà ancienne. Jusqu'à lui, tous les géologues, presque sans exception, je crois, avaient soutenu le principe d'une eau ascendante sidérolithique. Si quelques-uns avaient parlé d'une formation *per descensum*, c'était pour expliquer surtout des remaniements postérieurs. Dieulafait admet une eau *descendante* et par conséquent ne provenant pas de la profondeur, mais existant à la surface ; il la qualifie de « normale ».

Ces eaux descendantes ont alors produit des actions *de corrosion* considérables : il leur attribue « tous les vides actuels, par enlèvement des calcaires ». Il explique leur puissance de corrosion par le fait qu'elle ont emprunté de l'acide carbonique à l'air d'abord et qu'ensuite, elles se sont enrichies « de deux acides formés par le contact des substances bitumineuses et le soufre des sulfures contenus dans les roches ». Toutefois, même alors, l'agent ne semble pas assez fort et Dieulafait en invoque un second, l'évaporation des eaux lagunaires. De telle sorte que les produits sidérolithiques seraient d'une part, le résultat de la corrosion des calcaires de contact par des eaux acides et de l'autre, « des produits anormaux, empruntés aux boues et aux eaux des lagunes ».

---

[1]) M. Dieulafait. *Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains sédimentaires. Leur liaison avec les minerais de fer et les argiles des terrains sidérolithiques.* An. Phys. chim. 1884-85. VIe Sér. V. p. 204.

Partant de cette même idée, il en vient à considérer les produits sidérolithiques comme anormaux? Et cependant, il reconnaît qu'il s'est formé des terrains sidérolithiques à toutes les époques; il admet même leur identité avec les bauxites, etc...; « toutefois, la manifestation principale correspond à la période de formation des lagunes de l'Eocène... » (p. 240).

Quant à la méthode, c'est celle que déjà le prof. Al. Müller, de Bâle, avait employée pour essayer de reconnaître, par l'analyse chimique, une relation entre la composition des matériaux sidérolithiques et celle des calcaires, permettant de démontrer le passage des uns aux autres. Le professeur marseillais fut plus heureux que son confrère bâlois : il est vrai qu'il travaillait à un moment différent, qu'il avait des méthodes plus précises, plus modernes, le secours de Schlœsing pour les argiles, etc... et que surtout, il était plus dégagé de certaines idées que Müller ne pouvait alors rejeter sans être amené à modifier totalement sa propre hypothèse. Et cependant, malgré la netteté de ses conclusions: « L'étude de 68 échantillons de dépôts sidérolithiques empruntés aux localités classiques et celle de 68 échantillons de calcaires sous-jacents ont accusé, pour chaque série, une communauté d'origine évidente » (p. 239), Dieulafait n'était pas absolument convaincu. S'il l'était, pourquoi venait-il quelques lignes plus bas, expliquer tout au long le rôle des eaux lagunaires? C'était en s'exposant à des confusions grossières, compliquer la solution. On le lui a d'ailleurs et avec raison vivement reproché et cependant sa faute s'explique facilement: Dieulafait ne concevait pas l'érosion (corrosion) comme assez puissante pour produire un travail aussi considérable. Publiée quelques années plus tard, son hypothèse n'aurait pas eu ce défaut; mais elle aurait peut-être perdu sa nouveauté.

Il attribue la forme des grains, pisolithes ou nodules, au mouvement des eaux.

A signaler encore dans son hypothèse, ses observations sur le phosphure de fer et sur la composition des argiles.

En résumé, l'hypothèse de Dieulafait, marque vérita-

blement l'apparition d'une nouvelle école : plus spécialement, elle prépare l'hypothèse de M. van den Brœck.

II. Hypothèse de M. van den Brœck.

L'hypothèse soutenue par M. E. van den Brœck est en réalité antérieure à celle de Dieulafait, car au Congrès de géologie de 1878 à Paris, le savant géologue belge, présenta un premier mémoire sur *le rôle de l'infiltration des eaux météoriques dans l'altération des dépôts superficiels;* puis en 1881 parut son grand travail classique sur *Les phénomènes d'altération superficielle.* En dehors de ces deux mémoires principaux, M. van den Brœck a encore développé quelques unes de ses idées dans d'autres publications et je sais, qu'il a actuellement, en collaboration avec M. Rahir, une étude à l'impression sur le sidérolithique proprement dit.

Si cependant, je place cette hypothèse ici, après celle de Dieulafait, c'est parce que véritablement elle est la plus moderne par ses conceptions et la seule défendue encore par son auteur. On pourra peut-être me reprocher de lui avoir donné une préface dans celle de Dieulafait et cependant le reproche, bien que fondé, me parait spécieux. Je ne prétends aucunement que Dieulafait ait influencé les idées personnelles de M. van den Brœck, mais si je lui attribue en quelque sorte le rôle de précurseur, c'est qu'il me semble bien évident que l'hypothèse hétérogène du professeur de Marseille a beaucoup contribué à faire accepter les idées plus nouvelles du secrétaire de la Société géologique de Belgique.

Le principe de l'hypothèse de M. van den Brœck repose essentiellement sur le travail de l'érosion continentale par les agents météoriques: l'eau, l'air, la température et ses variations, l'humidité, le froid, mais surtout l'infiltration superficielle.

L'eau de pluie lui parait un agent capable d'une grande puissance d'érosion par dissolution chimique, désagrégation

---

[1]) E. van den Brœck. Consulter l'Index bibliographique.

physique, oxydation, réduction, etc. des roches et particulièrement des calcaires. L'eau de pluie est ordinairement riche en acide carbonique et en oxygène, plus riche même que l'air atmosphérique et par circulation en terre végétale, elle peut encore augmenter sa teneur en acide carbonique. Elle acquiert alors un grand pouvoir dissolvant et partant d'altération, de métamorphisme. Les roches calcaires spécialement sont vivement attaquées et corrodées avec une intensité dépendante des conditions climatériques, de la durée de l'action, de la nature, de la composition, de la perméabilité de la roche, etc.... Les éléments solubles sont enlevés, les fossiles disparaissent comme le carbonate de chaux et il se forme des dépôts des parties résiduelles limoneuses, argileuses, ferrugineuses. Les sels ferreux transformés en sels ferriques colorent les dépôts nouveaux dont la sédimentation a bouleversé la stratigraphie première. Le métamorphisme hydrochimique est provoqué surtout par l'absorption des gaz en dissolution dans les eaux par les roches poreuses : l'acide carbonique est presque entièrement enlevé, l'oxygène, incomplètement, mais dans une forte proportion. Il en résulte que par dissolution et oxydation, le calcaire est enlevé et il n'en reste qu'un résidu argilo-ferrugineux, dans lequel l'oxyde de fer s'est transformé en concrétions par transport moléculaire.

Toute l'hypothèse est d'ailleurs dans ces lignes :

« Les argiles ferrugineuses ou plastiques, le fer hydraté, le minerai de fer en grains, sont très généralement les résidus d'altération, de dissolution, de concrétionnement et de métamorphisme hydro-chimique de dépôts soumis à des phénomènes accentués d'altération sur place. »

Cette hypothèse rend compte ainsi, par le seul jeu des forces de l'érosion continentale, de la formation de produits très divers qui jusqu'ici avaient été attribués à des causes très différentes. Mais, tous se sont formés sur place, c'est leur caractère commun et une des causes de leur diversité.

Elle explique également la formation des dépôts argilo-ferrugineux sans calcaires, ni fossiles et les formes curieuses

d'érosion de leur substratum. Le rapprochement de toutes ces formations que tant de caractères communs réunissent, en « simplifiant beaucoup la question de géogénie et en éliminant de la série stratigraphique une foule de termes encombrants qu'on ne parvenait guère à classer convenablement » ce qui est certes un premier résultat dont la valeur n'échappera à personne, a de plus le grand avantage de substituer « aux actions locales, accidentelles, extraordinaires et généralement d'origine interne, une action simple, naturelle, irrésistible dans sa puissante lenteur; mais universelle à la surface du globe depuis son origine, variant dans son intensité, mais jamais dans sa cause ni dans ses effets » [1]).

Telles sont les grandes lignes de la séduisante hypothèse de M. van den Brœck. Vivement combattue au début, de nombreuses conversions lui ont gagné des adeptes fervents et parmi ceux-ci je dois signaler particulièrement mon savant compatriote, M. le Prof. Dr L. Rollier à Zurich, qui en 1898 encore affirmait « *qu'il est impossible de considérer le sidérolithique du Jura comme une simple terra-rossa* [2]) et qui l'an dernier en arrivait à une conclusion absolument opposée [3]. Par son dernier mémoire M. Rollier s'est montré un des plus fidèles disciples du savant géologue de Bruxelles.

Par contre, M. van den Brœck a gardé un contradicteur courageux en M. l'ingénieur des mines de Grossouvre, à Bourges, qui reste vaillamment un des derniers défenseurs de la vieille école opposant aux actualistes que « la théorie de l'origine éruptive parait donner l'explication la plus simple de ces dépôts singuliers dont les caractères sont si distincts de ceux de la série sédimentaire » [4]).

---

[1]) *Du rôle de l'infiltration des eaux météoriques dans l'altération des dépôts superficiels,* par E. van den Brœck: p. 11 du C. R. sténographique du Congrès international de géologie tenu à Paris en 1878.

[2]) L. Rollier: *Matériaux II, suppl.* p. 118, 1898.

[3]) L. Rollier: *Die Bohnerzformation,* p. 158. Viertel Jahresschrift L. 1905.

[4]) de Grossouvre: *Etude sur les gisements de minerai de fer du centre de la France.* An. des M. p. 103, 1886.

En résumé, les hypothèses siderolithiques se ramènent aux types suivants :

I. Hypothèses annciennes. Formation per ascensum.	A. Formation par voie hydrothermale.	A. Brongniart :	1828
		E. Thirria :	1833
		E. Thirria :	1851
		A. Müller :	1855
		Kœchlin-Schlumberger :	1856
	B. Formation par voie hydrothermale et semi-plutonique.	A. Gressly :	1838
		A. Quiquerez :	1851
II. Hypothèses modernes. Formation per descensum.	C. Altération continentale.	Dieulafait :	1884
		E. van den Brœck :	1878-1905