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: II: Types sidérolithiques

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

« Les forces naturelles produisent des actions de détail qui varient à l'infini avec l'espace et avec le temps ».

(J. Brunhes : *Le travail des eaux courantes*, p. 154.)

II

TYPES SIDÉROLITHIQUES

L'orientation nouvelle donnée aux doctrines sidérolithiques par les hypothèses actualistes surtout, m'oblige à préciser quelques-unes des considérations précédemment émises dans l'exposé historique. Le phénomène sidérolithique, simple accident minéralogique avec l'école de d'Halloy, devient au contraire, avec celle de M. van den Brœck, absolument général et presque universel. Il est en tout cas, une des manifestations d'un phénomène universel : l'altération superficielle. De ce fait, des produits considérés jusqu'ici comme très différents sont aujourd'hui rapprochés et attribués à un même processus de formation : ce sont des Sidérolithiques différents.

Précédemment, j'ai caractérisé la formation sidérolithique par des minerais de fer en grains pisolithiques ou bohnerz. Toutefois, ces minerais ne sont ni assez fréquents dans la généralité des gisements, ni assez communs à l'ensemble de leurs matériaux, pour devenir un criterum absolu, car outre que certains produits en sont totalement dépourvus, certains gisements, d'ailleurs considérables, n'en présentent pas de traces.

Malheureusement, en dehors des bohnerz, il est difficile de trouver un autre élément pouvant caractériser la formation entière, car même au sens le plus restreint, le Sidérolithique proprement dit comprend :

a) Des composés ferrugineux : les bohnerz ou fers en grains.

b) Des composés argileux, plus ou moins siliceux, plus ou moins alumineux ; les bols, les argiles grises, blanches, roses, etc...

c) Des sables siliceux, plus ou moins purs : les huppers.

d) Des calcaires.

e) Des produits remaniés : les poudingues, les brèches..

Cependant, il est possible, en prenant comme critérium, les caractères chimiques des roches, d'établir une classification générale assez naturelle des différents produits attribués aux phénomènes sidérolithiques, ainsi que le montre le tableau suivant :

MATÉRIAUX

α) Peu phosphatés		*β) Phosphatés*	
Pauvres en Al_2O_3	Riches en Al_2O_3		
A. Produits de décalcification.	C. Bauxites	E. Phosphorites	F. Phosphates
B. Sidérolithique propr. dit.	D. Latérites		

En d'autres termes, cette classification admet deux grands groupes : les produits peu phosphorés et les produits phosphorés. Le premier groupe se subdivise à son tour, suivant la richesse en alumine des différents matériaux et nous arrivons ainsi à établir une véritable échelle. Malheureusement, il est encore bien difficile de pousser bien loin ces études et je dois me contenter de dire un mot de chacun des groupes obtenus, en dernière distinction.

A. Produits de décalcification.

Ce premier groupe comprend tous les produits sidérolithiques qui ne trouvent pas de places dans les autres. Il manque totalement de cohésion ; ses matériaux très hétérogènes, n'ont de commun que leur origine, ou surtout leur processus de formation : tous résultent de la dissolution et du métamorphisme hydro-chimique des roches, surtout des cal-

caires. Ils sont tous des produits d'altération superficielle plus ou moins caractérisés.

Dans l'état actuel de nos connaissances, ce groupe s'impose et bien que tous les produits qui le constituent soient les résultats de décalcification ou d'altération plus ou moins accentuées, leur formation indique cependant un travail moins complet qui permet de les séparer de ceux qui sont en quelque sorte mieux achevés. Pour ce motif, je propose de les distinguer sous cette appellation générale de *Sidérolithiques rudimentaires.*

Parmi ceux-ci se placent surtout :

1° Certains Diluviums rouges, plus rarement gris.

2° Les remplissages décalcifiés des Puits naturels et autres formations analogues.

3° La plupart des Terra rossa (de Carniole), les Terres jaunes des cavernes.

4° L'Argile à silex de Normandie... etc.

Tous portent la trace d'une certaine altération surtout chimique, moins généralement mécanique. Ils ont perdu leurs sels de chaux au moins en partie, quand ce n'est pas totalement. Par contre, la teneur en sels de fer indique une oxydation plus forte. Mais encore le degré d'oxydation est-il variable, non seulement d'une formation à l'autre, mais même dans chacune d'elles ; de là, ces colorations si variées des roches.

La composition chimique des matériaux est naturellement très inconstante, tant à cause de leur degré d'altération, qu'en raison de leur diversité d'origine. Beaucoup proviennent des calcaires ; l'Argile à silex résulte surtout de la décalcification de la Craie.

Au point de vue purement morphologique, les remplissages des puits naturels présentent une grande analogie avec ceux des poches sidérolithiques. L'allure des puits ou des poches est une affaire de corrosion s'effectuant sur des roches de résistance variable. Il va de soi que les eaux d'infiltration travaillent différemment sur un calcaire fendillé

et fissuré ou sur un calcaire homogène et compact. Les deux facteurs essentiels de ce travail sont donc : la structure de la roche et sa solubilité. L'observation des puits naturels du bassin de Paris et des poches ou crevasses sidérolithiques du Jura suisse est, sur ce point, très démonstrative.

C'est pour ces motifs, que je considère la morphologie des puits, des poches, des crevasses, comme un fait géologico-géographique, ou si l'on veut, un fait géologique, géographiquement exprimé. Sans doute, il y a des types très distincts, caractérisant nettement une formation, par exemple les phosphatières ; mais aussi, à côté, il y a toute la série des formes intermédiaires établissant, en quelque sorte, le passage réciproque des types. C'est ainsi que certains remplissages phosphatés (à nodules), que les altérations profondes des calcaires, que les ouvriers neuchâtelois appellent « chancres », et que les puits naturels, présentent dans leur ensemble une analogie véritablement frappante.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer au sujet de ces puits naturels qui n'ont été rapprochés du Sidérolithique que tout récemment, que ceux qui les ont étudiés ont suivi à peu près le même chemin que les géologues qui se sont occupés du Sidérolithique. Buckland [1]) expliquait leur creusement par des eaux acides d'origine volcanique ; Leblanc [2]), allant plus loin que Melleville, en faisait les cratères d'éjection des sables rouges, des limons, etc..., et ce n'est que plus tard que Lyell, Strickland, de la Bèche les attribuèrent au travail des eaux de surface. Enfin, MM. van den Brœck [3]) et Stanislas Meunier [4]) ont montré leur parenté avec les

---

[1]) Buckland : *Report of 9th Meeting Britisch Assoc.* p. 56 — 1839.

[2]) Leblanc : *B. S. G. Fr.* p. 360, XIII, 1842 et Melleville : *B. S. G. F.* p. 184. 1840.

[3]) E, van den Broeck : *Mémoire sur les phénomènes d'altération des dépôts superficiels,* 1885.

[4]) St. Meunier : *Description géologique des environs de Paris,* p. 430. 1875.

formations d'altération superficielle et les produits sidérolithiques.

Très fréquentes aux environs de Paris, (Ivry, Montrouge, Vaugirard, Bois de Boulogne, Mont Valentin, Auvers, etc...), ces formations sont également connues en Angleterre (Norwich) où Lyell les a signalées. Il semble d'ailleurs qu'elles soient plus fréquentes qu'on ne le pense d'ordinaire. Des recherches complémentaires fourniront sans doute des indications plus précises.

Quant à la composition de leurs remplissages, elle est assez variable ; mais cependant elle est en général de nature siliceuse et très rubéfiée.

Les formations qui composent ce groupe ne faisant pas l'objet de ce travail, je me contente de ces quelques indications, renvoyant à une étude plus complète, actuellement en préparation. S'il en a été fait mention ici, c'était afin de mieux mettre en relief, l'importance et la signification des phénomènes sidérolithiques, expression du travail d'altération des eaux superficielles.

B. Sidérolithique proprement dit.

Le Sidérolithique proprement dit comprend les formations qui font surtout l'objet de ce travail. Il a été défini précédemment déjà et caractérisé par les minerais de fer pisolithiques. Bien que constitué d'éléments assez variés, il est cependant plus homogène que les précédents : toutefois, il est intéressant de remarquer la tendance que manifestent certains éléments, à s'isoler de l'ensemble pour former des groupes à part, comme par exemple les sables siliceux. Ce même fait s'affirme encore davantage pour les phosphorites. Aussi la pétrographie de ce groupe est-elle plus caractérisée que celle du groupe précédent ; elle comprend essentiellement : des bols ; des formations ferrugineuses diverses, surtout des bohnerz ; des argiles réfractaires ou plastiques ; des sables, des calcaires et des poudingues. Soit en résumé : des formations argilo-siliceuses, des formations ferrugineuses et

des formations calcaires. Sans doute, ces produits passent de l'un à l'autre par des stades intermédiaires ; mais les types sont souvent très distincts. Indépendamment de ces différenciations, la composition pétrographique varie encore beaucoup, à tel point, qu'il y a presque autant de Sidérolithiques que de gisements différents, car tous les matériaux sidérolithiques résultent des actions combinées de la décalcification et de la dissolution chimiques. Et comme ces phénomènes se sont manifestés avec des intensités très variables et sur des roches très différentes, leurs résultats sont nécessairement très divers.

Ce type, assez bien caractérisé, est moins général que le précédent : il est plus localisé. Très développé en certaines régions qui deviennent en quelque sorte des bassins, il manque totalement dans d'autres. Toutefois, l'isolement de ces bassins n'est qu'apparent et leur liaison est à reconstituer par l'examen des transformations du relief.

Toutes ces questions étant reprises très longuement plus loin, il me paraît inutile d'insister davantage sur ce sujet.

Nous allons examiner les autres formes de Sidérolithiques, en suivant la classification précédemment admise.

C-D. Bauxites et Latérites.

Sous ces deux appellations très générales, se groupent un grand nombre de formations assez mal définies souvent, qui paraissent voisines des produits sidérolithiques et qui toutes sont relativement riches en hydrate d'alumine. Leur différenciation semble une conséquence de ce fait que j'ai évoqué déjà, la tendance à l'isolement et à la concentration de certains éléments. Je les considère comme des formes locales du phénomène sidérolithique, dues à des influences également locales, particulièrement les conditions climatériques, météoriques et la nature géologique du sol. D'ailleurs, leur individualisation est souvent plus géographique que pétrographique, car en fait, les bauxites, les wochenites, les la-

térites sont des mélanges à proportions variables, d'alumine hydratée de sesquioxyde de fer et de silice, passant de l'un à l'autre, par une série de stades intermédiaires.

Les bauxites ou wochenites doivent leurs noms aux premières localités où elles ont été trouvées : Les Baux, dans le département des Bouches du Rhône, (Provence) et Wochein, en Carinthie. On les a signalées depuis, dans un grand nombre de régions, principalement :

En France : dans les départements des Bouches du Rhône (Les Baux, Allauch), du Var (Mazangues), du Gard, de l'Ariège, de l'Hérault (Valle-Verac), de la Charente. En général, les gisements sont recouverts par les dépôts albiens et par suite la formation des bauxites peut être reportée vers l'Aptien.

En Carinthie, les wochenites sont entre les calcaires triasiques et jurassiques et en Styrie, près de Prichova, elles reposent sur les calcaires mézozoïques. Dans l'Apennin Central, les bauxites sont intercalées dans la Craie, tandis que à Antrim (Irlande) et dans la Hesse-Nassau, elles sont en contact avec le basalte. Enfin on les connaît également dans la Nouvelle Galles du Sud (Australie), à Winyello (S. de Sydney), dans les districts d'Inverell et d'Emmaville plus au N. ; dans l'Amérique du Nord, à Alabama, à Arkansas, dans la Géorgie et la Caroline du Nord ; au Sénégal, etc., etc.

Au point de vue pétrographique, les bauxites sont très variables. Ce sont des roches argilo-siliceuses, ferrugineuses, pulvérulentes ou savonneuses, facilement pisolithiques, de colorations variant du rouge-brun au blanc. Leur densité est à peu près 2,55. Elles sont tendres, peu fusibles et très réfractaires, mais non plastiques. Le Prof. Bischof les considère très justement comme une forme « d'argile inversée dans ses éléments essentiels ». Hoffmann en fait un terme de passage entre le diaspore et la limonite.

La coloration est surtout due aux sels de fer. La composition moyenne des bauxites rouges de Provence est : 60 à 68 % d'alumine pour 12 à 16 % de fer, tandis que pour les blanches elle n'est que de 1 à 3 % d'oxyde de fer pour 56 à 75 % d'alumine.

C'est pour ce motif, qu'assez souvent on ne les sépare pas des hydrates d'alumine (genre aluminoxydes).

Quelques analyses complèteront ces considérations [1]).

	Bauxites françaises. (Villeveyrac)		*Wochénite de Carinthie. (Wochein)*	*Bauxites anglaises.*
Al_2O_3	43,20—78,10 %		51,4—67,6 %	45—54 %
$FeO+Fe_2O_3$	1,02—7,25		0,7—19,3	1,75—16
$Si\ O_2$	5,78—34,40		5,9—14,4	8—16
$Ti\ O_2$	[2])	[2])	traces	4—7
$Ca\ O$			traces	0,15—0,8
H_2O	15,10—15,15		12,2—23,1	23—30

Presque toutes les bauxites renferment des traces tout au moins, d'acides titanique, vanadique et phosphorique. Les bauxites anglaises et américaines sont surtout riches en acide titanique : jusqu'à 7 % pour la bauxite d'Irlande et 4,5 pour celle d'Amérique. Deville donne 0,0009 pour l'acide vanadique des bauxites de Provence et L. Hote indique 0,5 à 0,31 % pour les américaines. Ce dernier auteur y signale en outre des traces d'acide sulfurique. Un autre fait intéressant à mentionner encore, c'est la pauvreté en chaux des bauxites.

Les anciens géologues, Coquand surtout, attribuaient aux bauxites une origine éruptive. Le prof. Dieulafait de Marseille, le premier, les a rapprochées des phosphorites et des minerais de fer en grains et les a considérées comme « la partie ferro-alumineuse des roches granitiques » décomposées à la surface de la terre. MM. C. Bischof, St. Meunier et E. van den Brœck ont précisé ces considérations.

---

[1]) Ces analyses sont fournies par Collot : *Age des Bauxites du S.-E. de la France,* p. 331. 1886-87 et C. Bischof : *Les argiles réfractaires,* p. 375. 1906.

[2]) L'acide silicique a été calculé avec la silice : Sa teneur varie de 2 à 4 %. Dans la plupart des anciennes analyses, il est nécessaire de retrancher des nombres indiquant la silice, 1 ou 2 ½ pour l'acide titanique.

A. Carnot : *Sur la composition des Phosphates,* p. 137. 1896.

Les bauxites d'Irlande sont aujourd'hui envisagées comme des produits d'altération, de décomposition sur place des basaltes. Il y a donc là un phénomène plus complexe qu'une simple décalcification. Bien que combattues par certains géologues, ces hypothèses paraissent très rationnelles et je ne puis qu'y souscrire.

A plus d'un égard, les latérites pourraient être considérées comme une variété très voisine des bauxites. Ce sont des roches terreuses, rougeâtres, celluleuses, empâtant des concrétions ferrugineuses solides, qui deviennent pierreuses à l'air et se recouvrent d'une couche vitreuse. Leur composition est très variable, mais rappelle beaucoup celle des bauxites (50 % d'aluminie, 20 % d'oxyde de fer, 26 % d'eau, 4 % de silice).

Elles ne sont pas moins fréquentes que les bauxites et comme celles-ci, elles sont très localisées. Elles se forment encore actuellement, mais exclusivement dans la zone tropicale : Hindoustan, Archipel de la Sonde, Ceylan, îles Seychelles, Amérique du Sud, etc... Leur formation paraît très liée à l'action des agents météoriques : climat désertique, vent tropical de côte, chaud et humide, etc... La nature géologique des roches semble moins importante : aux îles Seychelles, la latérite résulte des roches cristallines altérées, tandis que sur la presqu'île du Dekkan, elle provient des coulées basaltiques.

L'acide carbonique des eaux d'infiltration parait, même pour le cas des silicates, jouer le rôle principal, par formation d'un carbonate d'alumine instable qui passe facilement à l'hydrate d'alumine.

E-F. Phosphorites et phosphates.

Le phosphore est un des éléments constants des produits sidérolithiques, à l'état d'acide ou de sel, mais il est rarement en assez forte proportion pour caractériser les roches. Les phosphorites et les phosphates sont en quelque sorte une exception parmi les formations sidérolithiques générales.

Les phosphorites ont été découvertes en 1865, par Pommarède, près de Caylus (Tarn-et-Garonne). Elles sont assez fréquentes sur tout le plateau des Causses, particulièrement dans les départements du Lot, du Tarn-et-Garonne et de l'Aveyron. On en a signalé aussi dans le Gard, l'Hérault et jusque dans les Pyrénées. L'exploration géologique de l'Oranais algérien en a fait reconnaître encore dans le Djebel Toumai, le Djebel Tadjera, aux environs de Tlemcen et dans la vallée du Cheliff.

Elles se présentent en dépôts concrétionnés ou mamelonnés sous forme de masses, de rognons, de veinules ou de nodules, disséminés dans une argile rouge, analogue au bolus sidérolithique ou à la terre de décalcification du Causse et qui isole les phosphates des calcaires encaissants: c'est la terre phosphatée. La phosphorite même est une roche tantôt compacte, à structure zonée, rarement radiée, à cassure parfois esquilleuse, d'aspect porcelainé; tantôt au contraire, nettement fibreuse, stalagtiforme et très diversement concrétionnée, à cassure crayeuse, à texture grenue ou caverneuse. La coloration est très variable: uniforme ou bariolée, panachée, zonée, blanche, grise, jaune, rouge, verdâtre, bleue, brune, noire, etc.

Par leur composition chimique et minéralogique, ce sont des phosphates de chaux du groupe de l'Apatite normale $Ca_3P_2O_8 + \frac{1}{3} CaFl_2$, riches en carbonate de chaux, pauvres en fluor et toujours amorphes.

La proportion d'acide posphorique varie entre 26 et 38 %, soit 56 à 83 % de phosphate tribasique pour les phosphorites du Quercy, du Gard et de l'Hérault et 18 à 40 %, pour celles de l'Oranais.

La teneur en fluor des phosphorites est toujours moindre que celles des apatites. M. A. Carnot a donné sur ce point des indications très précises, je ne puis que renvoyer à son excellent mémoire, auquel j'emprunte les analyses suivantes:

	Phosphorites de Bozouls (Aveyron)		Mont. de Cette (Hérault)
	I	II	III
P_2O_5	16,04	18,08	32,28
CO_2	18.66	17,10	9,62
FlCl	Traces	Traces	Traces
CaO	42,67	43,01	50,07
MgO	Traces	Traces	—
Al_2O_3 ; Fi_2O_3	6,45	6,03	0,85
Insoluble	7,40	7,33	0,51
Perte à 130°	2,14	1,93	0,98
Perte au-dessus	6,69	6,41	5,78
	100,05	99,89	100,09
$Ca_3P_2\ O_8$	34,90	39,22	69,79
$Al_2P_2\ O_8$	0,12	0,22	0,64
$CaCo_3$	42,41	38,86	21,86
$Fe_2\ O_3$	6,39	5,92	0,53
Résidu	7,40	7,33	0,51
H^2 O et matière organique	8,83	8,34	6,76
	100.05	99,89	100,09

L'iode et le brome ont été reconnus dans plusieurs phosphorites (Villeneuve, Druilhac). M. A. Gautier y a encore signalé du gypse, des silicates, du chlorure de calcium, des traces d'arsenic, du plomb, du cuivre, du zinc, du manganèse ; le nickel et le cobalt y sont fréquents. Les oxydes de fer sont surtout abondants, même à l'état pisolithique, dans la terre phosphatée. Il y aurait lieu d'y rechercher le titane, le vanadium et le chrôme.

La composition de la terre phosphatée est différente ; elle est même souvent très pauvre en acide phosphorique : 1 gr. 67 %.

Jusqu'ici les phosphorites n'ont jamais été rencontrées en dépôts réguliers ou très étendus : elles forment toujours des remplissages de crevasses ou de puits irréguliers, mais quelquefois très grands. Une phosphatière de St-Jean-de-

Laurs mesure plus de 100 m. de profondeur, une autre à Raynal a 40 m. et le gisement de Larnagol n'a pas moins de 500 m. La forme des phosphatières est des plus variables: elle rappelle celle des grottes, des cavernes, des avens, des gouffres, des tindouls, des plateaux calcaires.

Le remplissage lui-même est formé par une argile rouge rappelant les bols sidérolithiques à pisolithes de fer et qui entoure la phosphorite, la séparant des calcaires encaissants. Quelquefois, cette argile contient des galets de quartz assez nombreux ; à Prajoux, par exemple, Daubrée la considérait comme « un poudingue à ciment phosphaté ». Ce poudingue passe fréquemment à la brèche. Mais alors, les galets siliceux sont remplacés par des fragments anguleux du calcaire encaissant. Par des infiltrations calcaires, la roche devient dans ce cas, très dure. C'est l'analogue des poudingues, des gompholithes du Jura, des ketterz de la Souabe.

Les phosphatières du Quercy surtout ont fourni une faune très nombreuse et assez connue aujourd'hui, grâce aux travaux de Gervais et Gaudry pour les mammifères, de Milne-Edwards et Lydekker pour les oiseaux, de Bourguignat pour les mollusques. M. Thévenin en a publié une revision : son travail est tout ce qu'il y a de plus complet et de plus récent sur le sujet.

L'âge des phosphorites est évidemment éocène, compris entre le Lutétien sup. et l'Aquitanien. Filhol et Bourguignat ont bien signalé dans certains remplissages quelques *Helix Ramondi,* mais d'après M. Thévenin, on ne les a jamais retrouvés. Mais on peut admettre comme certains quelques remplissages bartoniens. Les autres appartiennent au Ludien, au Sannoisien et au Stampien. Il y a donc un mélange des faunes comprises entre l'Eocène sup. et l'Oligocène. Celles du Miocène et du Pliocène n'ont pas été rencontrées. Par contre, quelques espèces quaternaires ont été découvertes dans la partie supérieure de quelques gisements: mandibules de *Boridés,* à Concols, ossements d'*Hyaena spelea,* d'*Ursus speleus,* etc. ; de *Felis spelea* mêlés à des restes de sangliers à Larnagol.

La distribution des phosphathières du Quercy ne semble soumise à aucune loi. M. Thévenin n'admet pas comme M. Péron, que leur extension soit limitée par la courbe 350 des terrains tertiaires. Elle ne paraît pas non plus liée aux phénomènes tectoniques, failles, anticlinaux ou synclinaux de la région. Par contre toutes les phosphatières et M. Thévenin en indique 85 sur sa carte, affleurent dans les terrains calcaires ; mais aussi bien dans le Bajocien ou le Bathonien (Villeneuve, Aveyron) que dans le calcaire sublithographique des Causses ou même dans le Lias inférieur (Villefranche). Dans le Gard, c'est tantôt l'Oxfordien (Quissac) tantôt le Crétacé : Ugonien, Néocomien (Uzès), qui servent de substratum.

Je rapproche des phosphorites, les remplissages à nodules de chaux phosphatée du Jura neuchâtelois. Ces remplissages assez rares sont évidemment une forme locale de Sidérolithique. Toutefois, je crois devoir les séparer du Sidérolithique proprement dit.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer le mode de formation des phosphorites : je ne mentionnerai que les principales :

A. Hypothèses anciennes. Toutes les hypothèses de ce groupe ont pour caractère commun d'attribuer aux phosphorites une origine interne. L'acide phosphorique aurait été enlevé, suivant les uns (de Mercey), aux phosphures métalliques profonds, suivant les autres (Renaud, Cornet, Strahan), aux dépôts phosphatés marins dus à l'accumulation d'organismes. Dans un cas comme dans l'autre, la dissolution se serait faite par des eaux thermales et la sédimentation des phosphates dans des crevasses préexistantes serait ainsi *filonienne.* Ces théories n'ont plus que de rares partisans (M. de Grossouvre).

B. Hypothèses modernes. Ce groupe se divise en deux sous-groupes, comprenant l'un, les hypothèses qui attribuent aux phosphorites une origine animale ; l'autre, celles qui en font des produits d'altérations superficielles.

D'après les premières hypothèses, les phosphates de chaux seraient dus à la décomposition des matières organiques, particulièrement des cadavres d'animaux accumulés sur certains points. Les nombreux ossements trouvés dans les phosphatières paraissent autoriser cette interprétation. (Vasseur, Péron, etc.).

Le prof. A. Gautier a fait sienne cette hypothèse en la précisant : sous l'influence de ferments oxydants, les matières organiques se transforment en phosphates ammoniacaux, qui passent aux phosphates bi, tricalcique ou alumino-potassique, au contact des argiles et des calcaires. Les nitrates qui se forment en même temps sont enlevés par les eaux d'infiltration.

Tout récemment M. W. Collet a donné une autre forme à cette interprétation, en faisant intervenir l'ammoniaque produit par la décomposition de la matière organique, sur le phosphate de chaux en solution, pour le transformer en phosphate d'ammonium, lequel agit alors sur le carbonate de chaux des coquilles calcaires. L'acide phosphorique remplace ainsi l'acide carbonique, par pseudomorphose. Le phosphate d'ammonium en solution agit non seulement sur les calcaires, mais aussi sur les silicates.

Les hypothèses du second groupe comprennent surtout celles de MM. A. Carnot, Dieulafait et E. van den Brœck.

M. Carnot attribue une large part au ruissellement et aux eaux d'infiltration ; tandis que Dieulafait donnait une signification toute particulière aux phénomènes de corrosion ; par malheur pour son hypothèse, il la compliquait par des évaporations lagunaires. Mais il expliquait parfaitement le creusement des puits et la concentration des phosphates. M. van den Brœck, met en relief les phénomènes de dissolution des roches calcaires par les eaux météoriques surtout.

En résumé donc, les hypothèses modernes ont pour caractère dominant et commun d'attribuer aux phosphorites une origine externe, superficielle : elles récusent toute provenance interne et ainsi, les phosphorites deviennent des pro-

duits d'altération superficielle et continentale: des produits sidérolithiques [1]).

De plus, ces quelques considérations établissent la généralité des actions sidérolithiques, qui prennent définitivement place parmi les agents importants et règuliers de l'érosion continentale.

La différenciation pétrographique et minéralogique des formations devient la résultante du jeu des facteurs météoriques et géologiques et trouve une explication rationnelle dans la variabilité de ces facteurs, eux-mêmes fonction de leur milieu géographique.

Enfin, cette double différenciation, qui aboutit à une série de produits bien distincts, passant régulièrement de l'un à l'autre, tout en gardant un cachet commun qui permet leur rapprochement, s'exprime, dans les cas particuliers, comme dans l'ensemble des formations, par la tendance à l'isolement de certains éléments qui donnent aux dépôts cette apparence de sédimentation fractionnée, qui a fourni les critériums de la classification précédemment exposée.

Les études qui suivent sont exclusivement consacrées aux formations *sidérolithiques proprement dites*, ordinairement caractérisées par leurs minerais de fer en grains ou bohnerz. Nous aurons à examiner successivement leur distribution géographique, les caractères pétrographiques et chimiques des matériaux, la composition stratigraphique des dépôts et enfin les restes organisés, animaux ou végétaux qui y ont été trouvés.

---

[1]) Une bibliographie très complète sur les phosphorites a été publiée par M. Thévenin: *Etude géologique de la Bordure S.-W. du Plateau Central*, 1903. Je ne puis mieux faire que d'y renvoyer. Consulter également l'Index.