Société des Naturalistes Luxembourgeois
Gesellschaft Luxemburger Naturfreunde

Association sans but lucratif

Les auteurs sont responsables de leurs publications. — Tous droits de reproduction et de traduction réservés.

Für Inhalt und Form der Beiträge tragen die Autoren selbst die Verantwortung. Nachdruck und Übersetzungsrecht vorbehalten.

N° 7. 28. 7. 1932.

Sommaire: Séance du mois de juin 1932. — *J. P. Arend:* La constitution et le mode de formation des minerais oolithiques en Lorraine et au Luxembourg (fin). — *Dr M. Lucius:* Erzlagerstättenbildung und Gebirgsbildung.

Séance du mois de juin.

Lundi, le 6 juin 1932.

Président: M. P. MEDINGER.

Présents: 8 membres.

1) Lecture et approbation du rapport sur la séance du mois de mai. 2) M. le docteur Bricher présente à l'assemblée: 1) Euphorbia amygdaloïdes L. 2) Saxifraga sponhemica Gmel. Les deux plantes proviennent des environs de Bourscheid. M. le professeur Edm. J. Klein rapporte que Saxifraga sponhemica a été décrite chez nous d'abord sous le nom de S. hypnoïdes. Or S. hypnoïdes est originaire du Sud de l'Europe et n'atteint guère dans sa propagation septentrionale notre pays. L'erreur fut redressée plus tard.

Le secrétaire: Félix HEUERTZ.

La constitution et le mode de formation des minerais oolithiques en Lorraine et au Luxembourg

par **J. P. AREND**

(Fin)

Chapitre IV

Les différents modes d'apport des constituants déterminant le nombre des couches ainsi que l'allure et la qualité des minerais

La reconstitution des différentes phases de sédimentation qui ont abouti au remblayage de la cuve toarcienne, est évidemment le seul moyen qui puisse conduire à la compréhension nette de la situation minière du bassin lorrain-luxembourgeois. Du degré d'exactitude de cette reconstitution dépendra encore la valeur des

éléments spéculatifs que l'on peut en tirer, soit pour guider l'extraction des couches, soit pour orienter la mise en valeur technologique des minerais.

Les couches ferrugineuses, la gangue et les intermédiaires stériles se sont déposés dans un même régime d'eau. Mais les phénomènes de sédimentation étaient complexes, non seulement parce que trois dépôts différents y intervenaient dans des proportions variables, mais encore parce que chaque apport, chimique, organique ou détritique, relevait de rapports causaux différents et indépendants l'un de l'autre. Quoique cette diversité soit de nature à compliquer la situation générale, elle permet, d'un autre côté, d'entrevoir les rapports de cause à effet qui, souvent, se sont stabilisés pendant de longues époques et pour des zones nombreuses. Mais la régularité spécifique à toute couche sédimentaire a encore été modifiée, longtemps après le dépôt et la consolidation des couches, par deux phénomènes différents et à effets entremêlés:

a) les failles déviant les couches en les rompant (v. fig. 5);

b) l'oolithification amenant des éboulements locaux par la diminution du volume des minerais et la libération de l'acide carbonique qui dissout et déplace les constituants calcaires.

Pour bien reconnaître et distinguer les différents effets, nous devons les examiner dans le cadre original où ils ont pris naissance ou subi des modifications.

Dans cet ordre d'idées nous rattachons le bassin lorrain luxem-

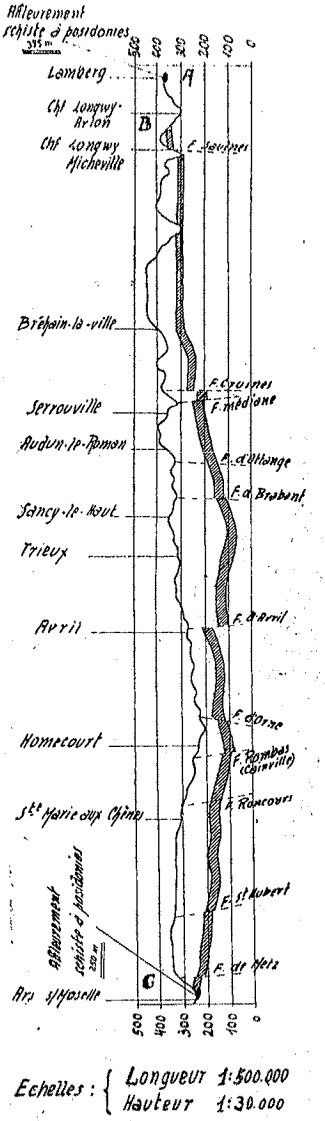
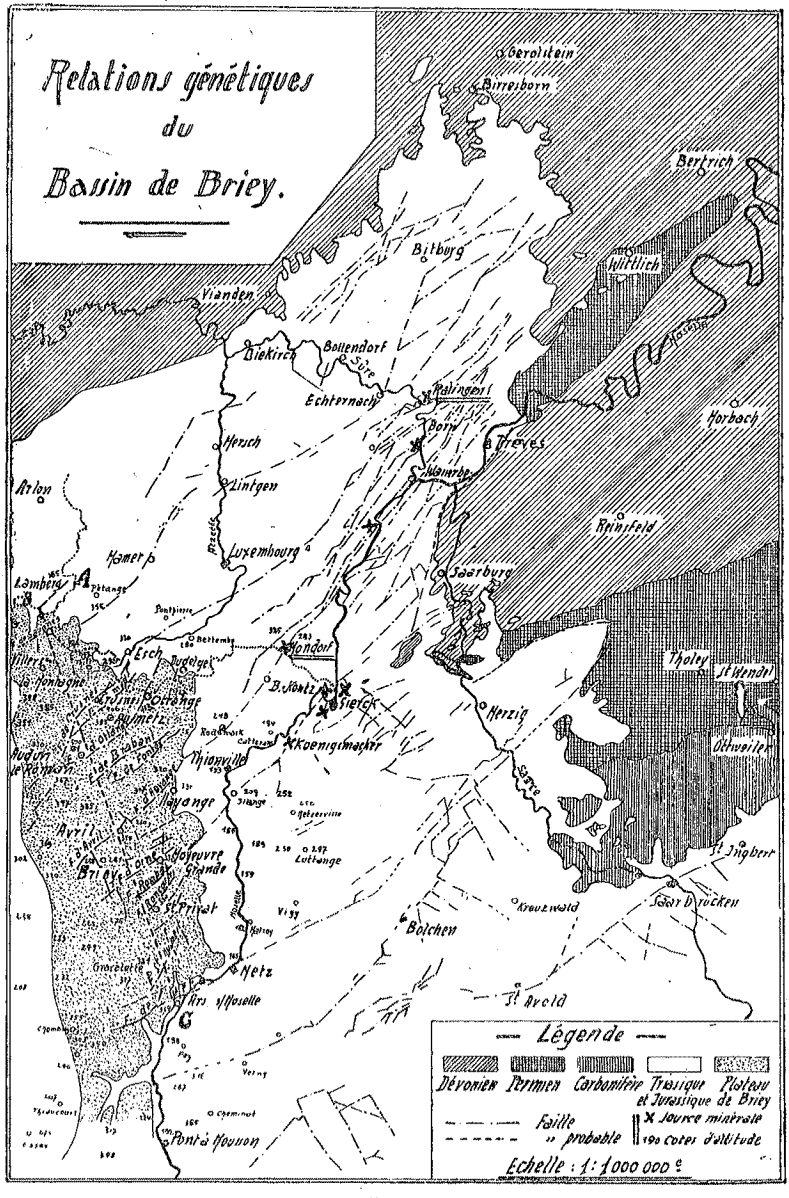


Fig. 5
d'après Kohlmann:
Die Minetteablagerung des lothringischen Jura. — Stahl und Eisen 1902, Seite 503.

bourgeois à un centre actif eifélien, conformément à la fig. 6, qui en indique les rapports génétiques. Des régions volcaniques



Fig, 6

rayonnent les fractures qui ont donné lieu aux affaissements nombreux et successifs. Le bassin de Briey en est devenu un dernier terme. Les lignes de force du centre eifélien s'y brisèrent, préparant le détachement d'une région entière suspendue au-dessus d'un creux que les substances minérales, déjà trop peu fluides, n'arrivaient plus à combler. Les eaux seules pouvaient encore s'y transporter.

Dans ces conditions particulières s'opéra le glissement en bas d'une région, en forme de *cuve* et à une époque où les marnes à posidonies étaient déposées mais non encore consolidées. Celles-ci, couvrant tant les couches restées en place que celles qui étaient enfoncées, devaient nécessairement former le bord et le fond de la cuve. Et les nombreuses cassures des plans de glissement reliaient ainsi la plus forte dépression de l'époque aux accumulateurs d'eaux ascendantes des profondeurs. Dépendant d'un ensemble de relations qui, en général, ne peuvent être séparées de phénomènes volcaniques, ces eaux, quoique de composition différente, étaient toutes hydrocarbonatées. Toutes avaient cette particularité de déposer de l'hydrate ferrique additionné de carbonate de chaux. Suivant les conditions d'équilibre les eaux, se déplaçant lentement vers le sud-ouest, déposaient en cours de route d'abord le fer, puis la chaux dans des proportions qui diminuaient au fur et à mesure que l'aération progressait. Toujours est-il que le fer se déposait plus facilement que la chaux, sur laquelle il prenait toujours une certaine avance.

Il est, certes, impossible de reconstituer le déroulement intime de ces variations. Ceci d'ailleurs n'est pas nécessaire. Ce qui importe, c'est d'établir le sens des réactions dans l'ordre donné et dans des zones définies. Ces équilibres peuvent nous être révélés par les eaux qui, aujourd'hui encore, nous arrivent par les fractures de centres toujours actifs.

Il est possible qu'à l'époque toarcienne, ces sources, encore plus intensément soumises aux phénomènes volcaniques, aient été influencées davantage par des mofettes riches en acide carbonique. Mais ce qui est certain, c'est qu'alors le nombre de sources était relativement plus grand dans la dépression toarcienne, en raison du fait que l'écorce terrestre y était plus disloquée. Aussi l'activité spécifique des sources à l'époque de la sédimentation était-elle plus manifeste, parce que les phénomènes tectoniques étaient de date récente.

Comme nous venons de le dire plus haut, ce n'est pas la précision absolue qui importe, mais le sens des réactions et leur accomplissement relatif dans un cadre donné qui précise l'allure et la nature des couches de sédimentation.

L'étude comparée des eaux liées aux phénomènes internes par des rapports de milieu et de profondeur et libérées par les fractures du sol, nous a fait relever des rapports concluants. Ils découlent des deux tableaux suivants, dont l'un donne la composition des eaux minérales génétiquement rattachées aux mêmes phénomènes d'affaissement et l'autre la composition des dépôts que ces mêmes eaux fournissent par une simple aération.

Composition chimique d'eaux minérales rattachées génétiquement à des phénomènes d'affaissement analogues

Sels en solution dans un m³

	Mondorf[1])	Ralingen[2])	Nd. Kontz[3])	Rettel[3])	Born[3])
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Chlorure de sodium . . .	9415,00	83,20	7594,00	2145,00	6606,00
Chlorure de potassium :	202,50	97,40	443,00	—	23,20
Chlorure de calcium . . .	3426,00	—	2786,00	—	1832,00
Chlorure de magnésium.	—	—	269,00	110,00	479,00
Chlorure de lithium . . .	8,46	—	—	—	—
Bromure de sodium . . .	167,30	—	—	traces	—
Iodure de sodium	0,71	—	—	—	—
Sulfate de sodium	—	—	—	480,00	—
Sulfate de calcium	1501,50	51,19	736,00	120,00	1795,80
Sulfate de magnésium. .	134,50	422,10	—	—	—
Carbonate de sodium . .	—	—	—	—	836,30
Bicarbonate de calcium .	0,82	1090,33	526,00	453,00	219,60
Bicarbonate de strontium	90,45	—	—	—	—
Bicarbonate d. magnésium	454,92	87,30	220,00	70,00	—
Bicarbonate ferreux . . .	33,37	54,09	—	38,00	246,00
Bicarbonate manganeux.	0,008	—	—	—	—
Phosphate ferreux	0,02	1,41	18,00	—	—
Arséniate de calcium . .	0,42	traces	traces	—	—
Silice (meta).	15,24	21,16	21,00	—	58,30
Quartz	0,022	24,10	—	—	—
Alumine.	—	—	—	—	9,60
	15451,240	1932,28	12613,00	3416,00	12105,80

Nous reconnaissons que ces eaux, quoique dépendant de la même origine génétique, sont différenciées par les rapports de

[1]) D'après d'Huart Em. Die chemisch-physikalische Beschaffenheit der Heilquelle Mondorf. 1908.

[2]) Eau analysée par MM. C. Aschman jun. et Félix Jungblut.

[3]) D'après van Werveke L. Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte der südlichen Hälfte des Grossherzogtums Luxemburg. 1887. p. 88.

temps et de milieu qui les rattachent, directement ou indirectement, à des manifestations volcaniques.

Sous l'interdépendance de ces différentes relations, les eaux sont devenues chlorurées (Mondorf, Nieder-Kontz, Rettel, Born) ou carbonatées (Ralingen). Par simple aération, les eaux chlorurées donnent des dépôts ferriques, riches en fer et pauvres en chaux, tandis que les eaux carbonatées donnent des dépôts ferriques plus riches en chaux et en phosphates.

Le tableau suivant montre les différentes relations en fonction du temps.

Dépôts d'eaux nourricières du lac toarcien

Les chiffres indiquent les quantités par m³ d'eau

	Mondorf	Ralingen			
	Dépôt obtenu pour sa totalité après 1 heure d'aération	Dépôt obtenu			TOTAL des colonnes a. b. c.
		Après la 1re heure d'aérat. de l'eau filt.	Après la 2me heure d'aérat. de l'eau filt.	Après la 3me heure d'aérat. de l'eau filtr.	
		a.	b.	c.	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Quartz	0,03	24,10	—	—	24,10
Silice hydratée $SiO_2 H_2O$.	1,20	10,56	3,60	3,00	17,60
Carbonate ferreux $FeCO_3$	0,10	1,84	0,33	0,04	2,21
Hydrate ferrique $Fe(OH)_3$.	16,15 (Fe mét. 8,50)	37,71	6,65	0,76	45,12 (Fe mét. 24,98)
Phosph. d. fer $FePO_4.4H_2O$	0,02	1,27	—	—	1,27
Carbon. de Calcium $CaCO_3$	0,89	32,80	294,90	251,20	578,90
Carb. d. magnésium $MgCO_3$	0,05	4,70	1,80	1,30	7.80
Arséniate d. calc. $Ca\,AsHO_4$	0,12	—	—	—	—

Le rôle de l'acide carbonique se révèle prépondérant dans les réactions au cours desquelles les dépôts se précipitent.

Les eaux chlorurées, contenant peu d'acide carbonique, facilitent les dépôts de minerais riches en fer et pauvres en chaux et toujours proches des centres nourriciers, alors que les eaux carbonatées, plus riches en acide carbonique, permettent les longs transports des constituants des minerais futurs. Par là les eaux carbonatées exercent une action homogénéisante sur la répartition du fer, de la chaux, de la silice hydratée et des phosphates.

Entre ces deux cas extrêmes se place le grand nombre des possibilités qui permettent d'arriver, par la seule considération des équilibres, à la reconstitution des relations génétiques des couches et des minerais.

Ces différentes interdépendances ont régi la sédimentation des apports ferriques pendant toute l'époque où des couches ferrugineuses se sont déposées au lac toarcien. La formation même de ces couches s'est arrêtée, non pas que les réserves internes en fer eussent été épuisées, mais parce que les sources nourricières s'étaient déplacées vers des points d'émergence plus favorables dans les dépressions plus récentes du grès bigarré. Ici une érosion, subséquente à l'affaissement toarcien, ne cessait, dans des vallées nouvelles, d'avantager l'émergence des eaux ascendantes, alors que les conditions d'émergence empiraient de plus en plus dans le lac toarcien même, où une sédimentation continue de dépôts ferriques et des éboulements successifs de côtes marneuses obstruaient les voies d'amenée des eaux nourricières.

Ces éboulements des côtes marneuses fortement surélevées et encore peu consolidées, imprimèrent un caractère décisif au phénomène de sédimentation dans une cuve dans laquelle les apports chimiques ferrugineux, comme les apports détritiques marneux, étaient charriés du bord N. E. au bord opposé par des eaux déversantes.

Au cours de ces transports, les dépôts ferriques se précipitant inlassablement suivant les réactions immuables d'équilibres physico-chimiques, étaient dilués, en proportions variables, par des apports marneux en provenance des côtes surélevées, s'écroulant tantôt par glissements insensibles, tantôt par éboulements soutenus. Suivant l'importance de ces apports, les couches ferrugineuses étaient seulement diluées ou bien séparées en des couches distinctes.

Il s'en suit que le nombre des couches de minettes dépend du nombre d'éboulements et que ce nombre doit aller en décroissant du centre actif générateur vers le côté du déversement du lac, c.-à-d. vers le S. O.

Avant de finir, il nous reste à rappeler l'importance du rôle des apports organiques.

En se mêlant aux dépôts en formation, ils assuraient d'abord, par leur putréfaction lente et retardée, la réduction des dépôts ferriques devant précéder l'oolithification ultérieure. Leurs restes, ensuite, constituaient un certain apport minéral. Les mollusques, les crinoïdes, les foraminifères, etc. fixaient et incorporaient dans le minerai une partie des composés calciques, tandis que les poissons et autres vertébrés assuraient plutôt un apport phosphaté.

Dans l'élaboration de ces thèses nouvelles, les oolithes, telles des médailles commémoratives, ont aidé à préciser de la façon suivante les différentes époques de l'histoire de leur milieu:

Première époque. - - Un affaissement aux temps médio-toarciens donne origine à un lac, alimenté en partie par des eaux thermales ferrugineuses, jaillissant le long des parois de nombreuses failles en ébauche. La température élevée et la minéralisation des eaux assurent le développement d'une faune exubérante qui, ensevelie sur place, enrichit de phosphates de chaux les dépôts ferrugineux en formation. Des glissements répétés de nappes schisteuses s'intercalent entre les dépôts ferrugineux qui, en formation continue, ne cessent de se superposer aux nappes schisteuses glissant vers le Sud-Ouest.

Deuxième époque. — Dans les couches ferrugineuses déjà encaissées se consomme la putréfaction des derniers restes organiques. Les composés ferriques réduits sont transformés dans la suite par l'acide carbonique en hydrocarbonates, état chimique que requiert l'oolithe. L'oolithe même ne peut naître, toutes autres conditions remplies, qu'au moment où de l'oxygène devient disponible en vue d'assurer l'oxydation ferrique par l'intermédiaire d'une double décomposition d'hydrocarbonates. C'est l'oxygène qui règle la croissance de l'oolithe, croissance déterminée par le coagulant que forme le phophate de chaux. La libération d'acide carbonique, conséquence du développement oolithique, ne cesse d'assurer l'état d'hydrocarbonation toujours renaissant et, en emmenant le carbonate de chaux libéré, l'acide carbonique s'associe à l'oolithe pour déterminer les phénomènes métamorphiques qui donnent aux gisements oolithiques la dernière empreinte.

Résumé et Conclusions

La revue bibliographique relève le caractère idéologique et contradictoire des théories émises sur la constitution et le mode de formation des minerais du bassin lorrain-luxembourgeois.

En vue d'y porter remède, de nouvelles relations génétiques de l'oolithe ont été mises à la base du problème minier.

Cette méthode aboutit à fixer des rapports de causalité insoupçonnés. Contrairement à ce qu'on admettait jusqu'à présent, les oolithes se sont formés «sur place» par des réactions colloïdales, dont le mécanisme chimique a été défini par une décomposition oxydante. La vitesse de réaction se réglait d'après l'accès d'oxygène, tandis que les ruptures d'équilibre du système étaient déterminées par les phosphates.

Les oolithes mêmes, résultant d'une réaction oxydante, ne pouvaient donc pas se former dans ces parties des couches où les dépôts originairement ferriques n'avaient pas subi la réduction subséquente devant précéder la *réoxydation* oolithique ou bien encore

où le déplacement uniforme du flux colloïdal était entravé par des barrages d'impuretés primaires.

Toutes ces interdépendances ont permis de reconstituer les relations génétiques des minerais et de préciser les particularités des différents modes d'apport de leurs constituants: les précipités d'eaux hydrothermales ferrugineuses, les restes de la faune de la cuve toarcienne, les marnes schisteuses des bords du lac.

Les équilibres réglant la précipitation du fer dans les eaux hydrothermales ont pu être précisés sur les eaux chlorurées de Mondorf et les eaux carbonatées de Ralingen, appartenant toutes les deux au même régime eifélien, mais à des centres actifs différents d'âge et de milieu.

Par simple aération les eaux chlorurées, contenant peu d'acide carbonique, facilitent les dépôts riches en fer, pauvres en chaux et toujours proches des centres nourriciers, alors que les eaux carbonatées, plus riches en acier carbonique, permettent les longs transports des constituants des minerais futurs.

Toutes ces eaux transportent en solution ou charrient en suspension les futurs constituants des couches du bord N. E. du lac au déversoir S. O.

Le nombre des couches relève de phases différentes de ce régime défini par la continuité des dépôts chimiques et les éboulements périodiques des côtes marneuses du bord N. E.

Le mélange originel des minerais ainsi constitués permet de reconnaître l'ampleur des phénomènes métamorphiques, s'étendant du premier effet d'une putréfaction réductive aux dernières réactions secondaires d'une décomposition oxydante au cours de laquelle l'oolithe est né.

Au cas où l'oolithification a été empêchée pour une raison ou une autre, la constitution des minerais se rapporte au mélange originel facile à reconstituer.

Si, par contre, les oolithes se sont formés, la modification des constituants originels est plus profonde. La constitution du minerai est donnée alors par le rapport que forment les oolithes avec la solution intermicellaire. Dans ce cas, également, la détermination des constituants par rapport à ceux du mélange s'effectue sans difficultés.

Tous les rapports de cause à effet étant donnés, la reconstitution intégrale de la sédimentation devient possible.

A la lumière de ces faits le mineur trouvera des possibilités d'orienter l'exploitation, alors que le métallurgiste pourra ramener les caractéristiques technologiques à une matière exactement définie.