

TRAITÉ
DES
GITES MÉTALLIFÈRES

PARIS, IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

TRAITÉ
DES
GITES MÉTALLIFÈRES

PAR

ALB. VON GRODDECK

CONSEILLER DES MINES
DIRECTEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES MINES DE CLAUSTHAL

TRADUIT DE L'ALLEMAND

PAR

H. KUSS

INGÉNIEUR DES MINES

Avec 109 gravures dans le texte

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1884

Tous droits réservés

AVERTISSEMENT DU TRADUCTEUR

C'est en lisant l'excellent *Traité de Géologie* publié il y a un an par M. de Lapparent que nous nous sommes décidé à entreprendre le travail que nous présentons aujourd'hui aux ingénieurs et aux géologues français. Nous avons été frappé depuis longtemps de la pauvreté de notre littérature géologique didactique; nous avons pensé que le moment où l'ouvrage de M. de Lapparent venait de combler une lacune si souvent déplorée dans le domaine de la géologie générale était convenable pour la publication d'un traité destiné à combler en partie une lacune correspondante dans le domaine de la géologie appliquée. Si en effet la géologie minière a produit en France de nombreuses monographies et beaucoup de travaux importants traitant de sujets particuliers, elle n'a donné naissance qu'à un seul ouvrage didactique sérieux, la *Géologie appliquée* de Burat. Depuis cette publication déjà ancienne, la géologie a marché à grands pas; les observations se sont multipliées; de nouvelles méthodes d'investigation se sont introduites;

l'emploi du microscope a renouvelé la pétrographie ; partout les études stratigraphiques ont fait d'immenses progrès : en un mot, l'ouvrage de Burat n'est plus à la hauteur de nos connaissances actuelles.

Si quelques géologues, considérant les gîtes minéraux comme de simples accidents et dédaignant systématiquement de s'y arrêter, n'attachent qu'une médiocre importance à leur étude, il n'en est pas de même de ceux qui comprennent que tous les phénomènes géologiques sont solidaires et que l'on ne peut en négliger aucun sans renoncer à bien saisir la structure du globe terrestre. A cet égard, les observations faites à la surface ne remplaceront jamais celles que permettent les travaux des mines : la seule vue des affleurements ne donnera par exemple jamais, sur l'allure d'une couche un peu tourmentée, des indications aussi précises que celles que fournissent les galeries souterraines destinées à en reconnaître et à en étudier toutes les irrégularités. De même le rôle si considérable des failles serait aisément méconnu, si l'on n'avait occasion de constater dans les mines l'extrême fréquence de ces accidents et l'importance des dislocations auxquelles ils donnent naissance. L'étude des gîtes minéraux nous paraît en conséquence devoir être considérée non comme une branche accessoire de la géologie, mais comme l'une des parties intégrantes de cette science : négliger d'aller demander aux mines les enseignements qu'elles peuvent donner serait aussi peu rationnel que de ne vouloir faire aucune observation géologique dans les montagnes, sous le prétexte que les montagnes sont des accidents à la surface du globe.

Utile à tous les géologues, l'étude des gîtes minéraux

est l'objet essentiel des préoccupations des ingénieurs qui se sont consacrés à l'industrie minérale. Or il suffit de parcourir les nombreuses monographies publiées dans nos recueils spéciaux pour y constater les divergences les plus singulières; en ce qui concerne notamment l'origine des gîtes, on ne peut manquer de s'apercevoir que trop souvent les éléments de comparaison ont fait défaut : nombre de théories ne reposent que sur des observations sommaires et ne résistent pas à une critique scientifique sérieuse; le sentiment paraît fréquemment y avoir eu plus de part que l'appréciation attentive des phénomènes et l'étude raisonnée des lois physiques et chimiques qui ont dû en régir la production.

Si cette tendance trop fréquente à se contenter d'explications que l'on pourrait appeler sentimentales doit être attribuée en partie à l'esprit de système et au goût des généralisations trop hardies en présence desquelles le rôle essentiel de l'observation proprement dite a été parfois un peu oublié, ce n'en est pas la raison principale, et nous pensons que bien des opinions hasardées n'auraient pas été émises, si l'imagination de leurs auteurs avait été mieux guidée et si elle avait pu s'appuyer sur de fortes études préparatoires, au lieu de s'abandonner à toutes ses fantaisies. Raisonner dans chaque cas particulier sur une *table rase*, ne tenir aucun compte des recherches antérieures ou même ne pas les connaître, est une méthode de travail qui peut réussir à quelques génies exceptionnels : le plus souvent elle ne conduit au contraire qu'à des conceptions incomplètes ou à la reproduction de théories déjà démontrées inexactes.

Ce guide dont la nécessité ne peut être méconnue sans danger, nous l'avons vainement cherché en France. Nul ne s'en étonnera en songeant que ce n'est que depuis quelques années qu'il existe à l'École des mines de Paris une chaire spéciale de géologie appliquée. Confondue jusque-là avec la géologie générale, la géologie des gîtes minéraux était forcément sacrifiée. Nous avons dû en conséquence nous adresser à l'étranger et nous avons cru faire œuvre utile en mettant à la portée des lecteurs français un ouvrage destiné à devenir classique en Allemagne, dans le pays des fortes traditions minières.

L'étude des gîtes minéraux se divise naturellement en trois parties consacrées l'une aux combustibles fossiles, la seconde aux gîtes non métallifères, la troisième aux gîtes métallifères. Le traité dont nous donnons aujourd'hui la traduction ne s'occupe que de cette dernière partie ; le sujet est en effet assez vaste par lui-même pour mériter d'être traité séparément.

Le *Traité des gîtes métallifères* de M. von Groddeck est essentiellement une œuvre didactique ; il ne s'arrête pas longuement à discuter les opinions qu'il ne croit pas fondées et évite avec soin tout ce qui pourrait ressembler à une polémique scientifique. Pour lui conserver ce caractère, nous nous sommes abstenu scrupuleusement de toute appréciation personnelle, de toute addition et de toute modification ; nous n'avons pas voulu nous exposer au reproche bien connu, fréquemment adressé aux traductions : *traduttore, traditore*.

On remarquera certainement que l'auteur passe sous silence ou indique à peine certaines théories auxquelles

au contraire on attache en France une grande importance, telles que celles relatives aux rapports entre les directions des filons d'un champ de fracture et celles des différents systèmes de soulèvement ou à l'influence mécanique de la roche encaissante, mise en lumière par les travaux de Henwood en Angleterre, de Moissenet en France. Nous avons songé d'abord à traiter ces questions dans un appendice; après mûre réflexion et tout en regrettant le silence de l'auteur, nous y avons renoncé, d'une part parce qu'elles sont bien connues de la plupart des lecteurs auxquels nous nous adressons, de l'autre parce que nous aurions cru manquer de déférence envers M. von Groddeck en paraissant regarder son silence comme le résultat d'une omission. Nous estimons d'ailleurs qu'il y a pour nous un sérieux intérêt scientifique à savoir quelles sont les théories généralement admises en Allemagne, alors même, alors surtout qu'elles diffèrent sensiblement de celles qui ont cours en France : à cet égard, le silence de l'auteur nous paraît significatif, et nous avons pensé que nous n'avions qu'à le constater sans en aborder la discussion. D'autre part, nous avouons que nous aurions aimé que l'auteur eût multiplié un peu plus les exemples de gîtes métallifères pris en Angleterre, en France et en Espagne; mais, ici encore, nous avons après examen renoncé à rien ajouter à la rédaction originale. A chaque jour suffit sa peine, dit sagement le proverbe.

En terminant, nous devons demander au lecteur sa bienveillance pour notre travail. Peut-être trouvera-t-on parfois que nous avons suivi de trop près le texte allemand et que nous aurions pu, en en usant plus librement avec lui, donner à notre style plus de facilité et

plus d'élégance; mais nous comptons sur l'indulgence de toutes les personnes qui savent à quel point le génie de la langue allemande diffère de celui de la langue française et combien est difficile toute traduction fidèle.

H. KUSS.

Janvier 1884.

PRÉFACE DE L'AUTEUR

On entend souvent les ingénieurs exprimer le regret de ne pouvoir se tenir au courant des rapides progrès de la géologie. Ce regret se comprend aisément, lorsqu'on songe à l'activité des spécialistes qui se sont consacrés aux études paléontologiques, pétrographiques ou stratigraphiques. Il serait assurément excessif de demander à des hommes absorbés par des occupations toutes différentes de joindre à leurs travaux quotidiens des recherches délicates dans le domaine de la paléontologie, de l'examen microscopique des roches, de la constitution locale des formations géologiques prises une à une ; mais il est très utile, nécessaire même au mineur de profession qui veut posséder une instruction technique sérieuse de se tenir au courant des méthodes scientifiques et des théories géologiques généralement admises et de ne jamais perdre de vue la branche de la géologie la plus importante dans l'application, c'est-à-dire la géologie des minéraux utiles.

C'est dans ce sens que doit être dirigé dès le début l'enseignement de la géologie qui s'adresse aux mineurs. Des manuels concis peuvent, à cet égard, rendre de précieux services.

Le présent ouvrage a pour but d'exposer d'une manière à la fois concise et complète les éléments essentiels de la théorie des gîtes métallifères. Nous espérons que les mineurs, les géologues et tous ceux qui s'intéressent à l'exploitation des mines lui feront bon accueil et en reconnaîtront l'utilité : vingt ans se sont en effet écoulés depuis la publication de l'ouvrage si apprécié de B. von Cotta sur les gîtes métallifères.

L'auteur a, depuis sa jeunesse, étudié avec le plus vif intérêt ces gîtes et les nombreuses monographies auxquelles ils ont donné lieu ; il n'a négligé aucune occasion de les examiner sur place, de ses propres yeux, et a le droit de se regarder comme suffisamment préparé au travail qu'il entreprend.

Il n'est pas besoin de longues expériences pour s'apercevoir qu'à côté de beaucoup d'appréciations justes et de descriptions excellentes, on rencontre aussi des vues qui ne reposent que sur des observations incomplètes ou inexactes et que bien des théories erronées ont été propagées par la parole ou par la plume. Aussi l'usage des monographies exige-t-il la plus grande prudence et, si prudent que l'on soit, ne pouvant naturellement contrôler soi-même toutes les observations, on ne parvient pas toujours à discerner le vrai du faux.

Ces considérations ne nous ont pas empêché de présenter, dans la troisième partie de l'ouvrage, une description systématique des gîtes métallifères reposant surtout sur l'étude des publications scientifiques auxquelles ils ont donné lieu : nous espérons au contraire que ce travail, qui est nouveau, rendra des services considérables. Nous serions heureux qu'il pût développer chez les ingénieurs le goût des observations attentives et des comparaisons et les pousser à publier celles qu'ils auront faites ; les matériaux d'étude s'accroîtraient ainsi rapidement, les théories justes gagneraient de jour en jour plus de terrain et les erreurs qui

risquent de se glisser dans la science seraient à temps reconnues et écartées.

Les classifications anciennes ne nous ont pas paru se prêter à une exposition complète des faits. La division des gîtes en gîtes stratifiés, gîtes massifs, remplissages de cavités et gîtes métamorphiques, qui nous servira de base, est en quelque sorte née du sujet lui-même; il en est de même des distinctions entre les cavités, les fentes (filons) et les grottes; entre les inclusions, les sécrétions et les imprégnations minérales; entre les couches et les croûtes; entre les remplissages homogènes et les remplissages hétérogènes; entre les filons réticulés, les filons parallèles et les filons rayonnants; entre les fentes de contraction et les fentes de dislocation, etc., etc.

Ces distinctions ont donné à l'ouvrage que nous présentons au public un caractère spécial, sensiblement différent de celui des descriptions antérieures; elles ont enrichi la théorie de quelques points de vue nouveaux.

Nous avons essayé de réunir en un corps de doctrine les travaux de tant de savants éminents, auxquels nous devons la connaissance des gîtes métallifères: puisse notre tentative contribuer au progrès et à la diffusion de la science et recevoir un accueil bienveillant des géologues et des ingénieurs auxquels nous la présentons.

A. VON GRODDECK.

Clausthal, septembre 1879.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

	Pages
Minerais	1
Gîtes métallifères	3
Théorie des gîtes métallifères	3
Division du sujet	4
Sciences auxiliaires ¹	5
Bibliographie	5

PREMIÈRE PARTIE

Lois des gîtes métallifères; leurs relations avec la roche encaissante.

Gîtes réguliers; gîtes irréguliers	7
Détermination de la position des gîtes dans l'espace	8
Représentation graphique des gîtes	10
Classification scientifique des gîtes	11

GITES STRATIFIÉS

Distinction des couches et des amas stratifiés . . .	14
--	----

b

COUCHES	
N°	Pages
12. Sédimentation primitive.	16
13. Dérangements de la stratification primitive	19
14. Selles et fonds de bateau.	20
15. Brouillages, doublements, croisements.	23
16. Rejets.	23

AMAS STRATIFIÉS

17. Formes des amas et des systèmes d'amas stratifiés.	33
--	----

GITES MASSIFS, CAVITÉS REMPLIES ET GITES MÉTAMORPHIQUES

FILONS

18. Fractures	39
19. Veines.	40
20. Filons simples; filons composés	43
21. Rejet de la roche encaissante.	44
22. Filons de contact.	47
23. Direction et inclinaison des filons.	49
24. Puissance des filons	55
25. Ramifications.	57
26. Rencontres	59
27. Croisements.	60
28. Déviations.	61
29. Rejets	64

GITES IRRÉGULIERS

30. Amas, poches et mouches.	66
--------------------------------------	----

DEUXIÈME PARTIE

Le remplissage des gîtes métallifères.

MINÉRAUX ET ROCHES

31. Minerais et autres minéraux.	70
32. Roches.	73

STRUCTURE DU REMPLISSAGE	
N ^o	Pages
33. Premier aperçu	74
34. Structure primitive	74
35. Remplissages homogènes.	75
36. Remplissages hétérogènes ou composés.	76
37. Structure uniforme.	76
38. Structure zonée	77
39. Couches.	78
40. Croûtes	78
41. Inclusions minérales.	83
42. Cristaux et agrégats de cristaux ou inclusions porphyriques.	84
43. Grains cristallins et autres agrégats.	86
44. Concrétions	88
45. Oolithes.	92
46. Veines primaires.	93
47. Structure détritique.	94
PARTIES RICHES DES GITES MÉTALLIFÈRES	
48. Formes des parties riches.	94
49. Dissémination irrégulière des parties riches.	96
50. Colonnes inclinées.	96
51. Colonnes droites	98
CHANGEMENTS DE LA MINÉRALISATION	
52. Successions minérales.	98
53. Modifications primitives et secondaires du remplissage avec la profondeur.	103

TROISIÈME PARTIE

Description systématique des gîtes métallifères.

54. Classification.	107
-----------------------------	-----

PREMIÈRE SECTION. — Gîtes primitifs ou en place.

CHAPITRE I. — GITES STRATIFIÉS

55. § I. Couches métallifères homogènes	109
56. Type des couches de fer carbonaté cristallin ou lithoïde	109

N ^{os}	Pages
57. Type des couches d'hématite brune et d'hématite rouge.	115
58. § II. — <i>Couches de sécrétion</i>	121
59. Type Mansfeld	122
60. Type Perm.	126
61. Type Commern.	130
62. Type Austin.	133
63. Type Arnsberg.	135
64. Type Almaden	136
65. Type des fahlbandes	139
66. § III. — <i>Amas stratifiés</i>	144
67. Type Ammeberg.	145
68. Type des amas stratifiés pyriteux.	146
69. Suite.	150
70. Suite.	156
71. Type des amas stratifiés de quartz aurifère.	163
72. Type Sala-Tunaberg.	168
73. Type des amas stratifiés de minerai de fer spathique	170
74. Type des schistes à fer micacé.	173
75. Type des amas stratifiés de magnétite et de fer oligiste	175
76. Suite.	177
77. Suite.	182

CHAPITRE II. — GITES MASSIFS

78. Type Taberg.	189
79. Type Iron Mountain.	192
80. Type du Pic Boisé	193
81. Type Mednorudjansk.	196
82. Type Monte Calvi.	202

CHAPITRE III. — REMPLISSAGES DE CAVITÉS

§ I. — Filons.

83. a. <i>Filons dans les roches éruptives</i>	204
84. Type Zorge.	204
85. Type Ilfeld	207
86. Type Tamaya.	210
87. Type Dobsina-Nanzenbach.	217
88. Type Nagyag.	219

N ^{os}	Pages
89. Suite	226
90. Type Schemnitz	230
91. Suite	235
92. Type Pontgibaud	239
93. Type Magurka	244
94. Type Altenberg	242
95. b. <i>Filons dans les roches sédimentaires</i>	247
96. Type Schlaggenwald	248
97. Type Rio Albano	251
98. Type Bergzabern	253
99. Type Stahlberg	256
100. Type Mitterberg	261
101. Type Kleinkogl	266
102. Type Tellemarken-Cornwall	267
103. Type Australie-Californie	277
104. Type Rewdinsk	285
105. Type des filons cobaltifères à gangue spathique	285
106. Type Schneeberg	289
107. Type Bräunsdorf	292
108. Type Brand	294
109. Suite	300
110. Type Halsbrück	303
111. Type Clausthal	306
112. Type Aveyron	313
113. Type Moschellandsberg	315

§ II. — Remplissages de grottes

et

CHAPITRE IV. — GITES MÉTAMORPHIQUES

114. Type Rio Cares	319
115. Type Raibl	320
116. Suite	322
117. Suite	333
118. Suite	343
119. Type Hüggel	345
120. Type des minerais de fer en grains	348
121. Type Nassau	350
122. Type Huelva	352
123. Type Christiania	354

DEUXIÈME SECTION. — Gîtes détritiques.

N ^{os}	1
124. Type Peine	
125. Type de la <i>canga</i> brésilienne	
126. Type des alluvions métallifères	
127. Tableau synoptique des types de gîtes métallifères.	

QUATRIÈME PARTIE

Théorie de la genèse des gîtes métallifères.

CHAPITRE I. — ORIGINE DES MINÉRAIS ET FORMATION
DES MINÉRAUX

128. Origine des minerais.	
129. Formation des minéraux.	

I. — Formation des minéraux par sublimation ou action
de gaz sur des corps solides

130. A et B. Formations contemporaines et gisements caractéristiques	
131. C. Formation de minéraux dans les usines et ate- liers métallurgiques.	1
132. D. Minéraux artificiels.	2

II. — Formation des minéraux par fusion et refroidissement.

133. A et B. Formations contemporaines et gisements caractéristiques	3
134. C et D. Formation de minéraux dans les usines et ateliers métallurgiques et minéraux artificiels. .	3

III. — Formation des minéraux par voie humide.

135. A. Formations contemporaines.	3
136. B. Gisements caractéristiques.	3
137. C et D. Formation de minéraux dans les usines et ateliers métallurgiques et minéraux artificiels. .	3
138. Conclusion.	4

CHAPITRE II. — GENÈSE DES GITES STRATIFIÉS

	Pages
Gites stratifiés.	406
Type des couches de fer carbonaté.	406
Type des couches d'hématite brune et d'hématite rouge	409
Type Mansfeld.	413
Types Derm , Commern, Austin, Arnsberg et Alma- den	414
Type des fahlbandes	423
Amas stratifiés	424

CHAPITRE III. — GENÈSE DES GITES NON STRATIFIÉS
ET DES GITES MÉTAMORPHIQUES

6. <i>Gîtes massifs</i>	429
7. <i>Remplissages de cavités</i>	429
8. <i>Remplissages de fentes ou filons</i>	430
9. Formation des fentes.	431
0. Remplissage des fentes.	437
1. Remplissages pierreux.	438
2. Gangues et minerais	442
. Influence de la roche encaissante.	453
4. Théories diverses sur le remplissage des filons . .	456
5. <i>Remplissages de grottes</i>	457
6. <i>Gîtes métamorphiques</i>	460
7. <i>Age des remplissages de cavités et des gîtes méta-</i> <i>morphiques</i>	464
8. <i>Gîtes détritiques</i>	466
CONCLUSION	467

INTRODUCTION

1. — Le minéralogiste désigne sous le nom de *minerais* les minéraux métallifères, comme le carbonate de fer spathique, le cuivre oxydulé, la galène, l'argent rouge. L'ingénieur, se plaçant au point de vue technique, appelle *minerais* des minéraux ou des mélanges de minéraux pouvant servir industriellement à la préparation de métaux ou de combinaisons métalliques. Les deux définitions ont leurs raisons d'être : nous emploierons à l'avenir le mot *minerai* dans l'un ou l'autre sens, en laissant ordinairement à la sagacité du lecteur le soin de distinguer celui des deux sens que nous aurons eu en vue.

Ainsi donc, au sens technique du mot, les *minerais* ne sont pas des corps homogènes comme les minéraux ; ils comprennent toutes les matières métallifères que le mineur amène au jour pour les soumettre à la préparation mécanique et au traitement métallurgique, par exemple les roches imprégnées de substances métallifères (schistes cuivreux) et tous les minéraux assez mélangés entre eux ou avec la roche stérile pour ne pouvoir être exploités séparément (quartz avec or natif ; carbonate de chaux avec pyrite de cuivre et blende ; quartz et schistes argileux avec galène).

L'usage a fait donner à certaines classes de minerais des dénominations spéciales ; ainsi, tous les minerais de zinc oxydés s'appellent des *calamines* ; les mélanges d'oxydes métalliques, pulvérulents ou terreux, impurs mais riches en argent, sont désignés sous le nom de *pacos*, etc.

Pour l'ingénieur, une matière métallifère n'est un minerai que si elle se présente en quantité suffisante. Il refusera le nom de minerai à un grain de pyrite, à un petit cristal quelconque isolé au milieu d'une roche. Il tiendra compte aussi de la valeur du métal : le traitement industriel exige, pour chaque espèce de minerai, une certaine teneur minimum, au-dessous de laquelle il cesse d'être économiquement possible. Une substance ferrugineuse contenant moins de 20 p. 100 de fer peut à peine être qualifiée de minerai, tandis qu'un minerai d'argent est riche lorsqu'il contient 1/2 pour cent de métal précieux. L'appréciation de la valeur d'un minerai variera naturellement avec la valeur même du métal qu'il contient et suivant l'état de l'industrie métallurgique.

Les progrès des connaissances chimiques, les perfectionnements des procédés métallurgiques tendent constamment à élever au rang de minerais des minéraux qui précédemment ne méritaient pas l'attention du mineur. Les mots de cobalt et de nickel étaient, à l'origine, des sobriquets donnés aux combinaisons de ces métaux avec le soufre, l'arsenic et l'antimoine (ex : kupfernickel, faux cuivre), parce qu'on était obligé de rejeter ces combinaisons comme sans valeur, malgré leur brillant aspect métallique, jusqu'à ce qu'à la fin du XVI^e siècle on eût trouvé le moyen d'employer les minerais de cobalt à la fabrication du smalt. L'art de traiter la blende ne date que de la fin du dernier siècle : c'est depuis ce temps seulement que la blende est devenue un minerai. Depuis que l'on a appris à préparer industriellement l'aluminium

découvert par Wöhler, les substances alumineuses utilisées dans cette préparation, l'argile, la bauxite, la cryolithe, ont mérité le nom de minerais d'aluminium.

L'idée de minerai était, à l'origine, intimement liée à celle de l'utilisation pour la production d'un métal. Ce n'est que par une extension médiocrement fondée, bien qu'entrée dans la pratique, que l'on peut appeler minerais de soufre les matières sulfureuses, propres à la préparation du soufre ou de l'acide sulfurique, comme la pyrite de fer et la marcassite.

2. — On appelle *gîtes métallifères* les dépôts naturels des minerais qui font partie de la croûte terrestre; tantôt ces dépôts doivent être comptés parmi les roches mêmes, tantôt ils se présentent dans les roches et leur sont subordonnés.

3. — La *théorie des gîtes métallifères* est une branche de la géologie; elle doit être traitée d'après la méthode de cette science. Plus les connaissances géologiques sont variées et profondes, plus complète et plus profonde sera l'étude des gîtes métallifères.

Cette étude repose essentiellement sur l'observation exacte des phénomènes révélés par l'exploitation des mines et sur leur représentation fidèle, écrite et figurée. Personne n'est dès lors mieux placé pour faire avancer la connaissance des gîtes que le mineur, seul en état, par des observations quotidiennement répétées, de saisir leurs caractères si variés et si changeants.

Une visite unique d'une mine est rarement suffisante pour permettre de comprendre un gîte; les observations doivent être aussi multipliées que possible et porter sur l'allure des gîtes, sur leurs relations avec la roche encaissante, sur les caractères de cette roche, sur la nature minéralogique du remplissage, sur le mode de groupement des minéraux, etc., etc.

Plus l'exploitation est développée, plus les observations

sont faciles et plus nombreuses sont les occasions de les faire. On les a malheureusement, autrefois surtout, trop souvent négligées. Les travaux anciens sont éboulés; un grand nombre des points les plus importants sont devenus et resteront toujours inaccessibles. Il appartient à la génération actuelle de veiller à ce qu'à l'avenir les travaux des mineurs ne soient plus perdus pour la science.

L'étude des gîtes métallifères se propose, comme but final, d'arriver à des vues nettes sur la genèse de ces gîtes. Nous sommes d'autant plus éloignés de ce but que nos connaissances positives présentent plus de lacunes; chaque observation nouvelle tend à nous en rapprocher. Ici, comme dans toutes les sciences, ce but doit être visé pour lui-même; mais il importe cependant de remarquer que, seule, la théorie permet au mineur de conduire rationnellement ses recherches et ses travaux. Les résultats d'un empirisme souvent heureux et la conviction que nous sommes encore loin du but auquel nous tendons ne doivent pas nous faire méconnaître cette vérité essentielle, que la géologie seule peut guider le mineur dans la recherche et l'exploitation des gîtes de toute nature.

4. *Division du sujet.* — 1° Il est essentiel d'étudier d'abord *l'allure des gîtes métallifères et leurs relations avec les roches voisines*. C'est l'objet de la première partie du présent ouvrage;

2° La deuxième partie traite du *remplissage des gîtes*, c'est-à-dire des minéraux et roches qu'ils renferment et de leur disposition;

3° La troisième partie donne une *description systématique de toutes les sortes de gîtes métallifères*, dont elle présente ainsi un tableau d'ensemble;

4° La quatrième partie traite de la *genèse des gîtes métallifères*.

Nous n'avons pu éviter d'introduire déjà dans les trois

premières parties quelques considérations géogéniques. Mais l'ensemble des connaissances acquises permet seul, avec l'aide de la physique et de la chimie, de se former une opinion sur les questions si délicates qui se rapportent à l'origine des gîtes.

5. — La théorie des gîtes métallifères étant une branche de la géologie ne peut être séparée des autres parties de cette science. Nous admettons que le lecteur la connaît le plus complètement possible et connaît par suite aussi la minéralogie, la chimie et la physique, sans lesquelles les études géologiques ne sont pas possibles.

6. *Bibliographie.* — Les traités des gîtes métallifères sont peu nombreux. Le meilleur est celui de Bernhard v. Cotta : *Die Lehre von den Erzlagerstätten*, 2^e édition, Freiberg, 1859-61. Citons encore :

Joseph Waldauf von Waldenstein : *Die besonderen Lagerstätten der nutzbaren Mineralien*, Vienne, 1824 ; Johann Grimm : *Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien*, Prague, 1869.

Presque tous les traités de géologie ou d'exploitation des mines consacrent un chapitre à l'étude des gîtes métallifères. Sans songer à donner une liste complète de ces traités, nous citerons : C. F. Naumann, *Lehrbuch der Geognosie*, 2^e édition, Leipzig 1872 (ouvrage malheureusement inachevé) ; M. F. Goetschmann : *Die Auf- und Untersuchung nutzbarer Mineralien als 1^{er} Theil der Vollständigen Anleitung sur Bergbaukunst*, Freiberg, 1856, et 2^e édition Leipzig, 1866 ; Albert Serlo, *Leitfaden zur Bergbaukunde*, 3^e édition, 1^{re} partie, Berlin, 1878 (1).

(1) En France, le seul ouvrage un peu récent consacré spécialement, à notre connaissance, à l'étude des gîtes minéraux utiles est la « *Géologie appliquée* » de Burat, aujourd'hui complètement épuisée. — Le *Traité de géologie* de M. A. de Lapparent, Paris 1883, consacre aux gîtes minéraux un chapitre des plus intéressants, mais il ne peut naturellement entrer dans des développements étendus. (*Note du traducteur.*)

Les revues consacrées à la géologie ou à l'art des mines et tous les ouvrages de minéralogie contiennent un grand nombre de monographies précieuses et de travaux relatifs aux gîtes métallifères. Nous y renverrons ultérieurement par des citations spéciales.

TRAITÉ

DES

GITES MÉTALLIFÈRES

PREMIÈRE PARTIE

ALLURES DES GITES MÉTALLIFÈRES; LEURS RELATIONS AVEC LA ROCHE ENCAISSANTE

7. *Gîtes réguliers; gîtes irréguliers.* — On a divisé les gîtes métallifères, d'après leurs formes extérieures, en gîtes réguliers et gîtes irréguliers, comprenant, les premiers, les *couches*, les *amas stratifiés* et les *filons*; les seconds, les *amas proprement dits*, les *poches* et les *mouches*.

La forme idéale des gîtes réguliers est celle d'un plateau plan plus ou moins épais ou puissant. Les couches et les filons se rapprochent parfois beaucoup de cette forme, mais le plus souvent ils s'en écartent sensiblement : le plateau se gauchit et cesse d'être compris entre deux surfaces planes; des ramifications cunéiformes s'en détachent, faisant disparaître les limites nettes des gîtes et les confondant de la manière la plus irrégulière avec la roche encaissante. Dans les *amas stratifiés*, on trouve souvent des formes *lenticulaires*, passant aux allures complètement irrégulières.

Les filons et les *amas stratifiés* qui s'écartent fortement

de la forme plane et prennent en même temps de grandes dimensions forment le passage aux amas proprement dits.

8. *Détermination de la position des gîtes dans l'espace.*

— Pour déterminer mathématiquement la position dans l'espace d'un gîte régulier, il faut faire abstraction des irrégularités accidentelles qu'il peut présenter et le ramener à sa forme idéale,

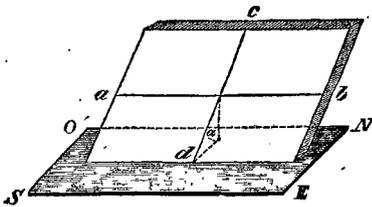


Fig. 1.

c'est-à-dire à un plan. La position d'un plan dans l'espace est définie par trois points ou par deux droites qui se coupent. Dans la pratique, on choisit dans le plan du gîte

deux droites, dont l'une est horizontale.

L'horizontale *ab* (fig. 1) est la *ligne de direction*; la *ligne de pente* *cd* lui est perpendiculaire. L'orientation de la ligne de direction, mesurée par l'angle qu'elle fait avec le méridien, s'appelle la *direction*. Si le méridien de comparaison est le méridien magnétique, la direction *observée*, *apparente* ou *magnétique*, se détermine aisément à la boussole; on en déduit la direction *réduite*, *vraie* ou *astromique*, en retranchant la déclinaison (actuellement, en moyenne, 14° ouest en France).

La direction s'exprime en heures ou en degrés. Dans le premier cas, on divise l'horizon en deux fois douze heures du nord au sud par l'est. Chaque heure correspond à 15°. La direction nord-sud est l'heure 12; la direction est-ouest l'heure 6. Dans la figure 2, l'horizon est représenté par une circonférence; *ab* est la ligne de direction d'un gîte dirigé h. 3. Nous représenterons à l'avenir, comme dans la figure 1, l'horizon par un losange horizontal N.-E.-S.-O. (fig. 3), dans lequel N.-S. sera la direction h. 12 et E.-O. la direction h. 6.

Lorsque la direction s'exprime en degrés, on divise l'ho-

La partie d'un gîte qui apparaît à la surface du sol ou qui en est voisine s'appelle l'*affleurement*.

Moins les gîtes sont réguliers, plus il est difficile d'en indiquer la direction, l'inclinaison, la puissance; cette indication devient impossible dans les gîtes complètement irréguliers.

9. *Représentation graphique des gîtes.* — La représentation graphique des gîtes a une importance

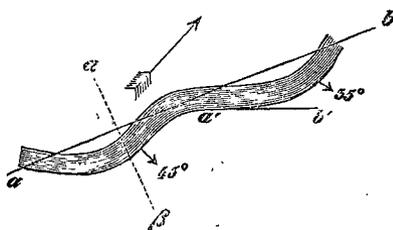


Fig. 4. — Plan.

capitale pour leur étude; elle emploie des projections sur trois plans rectangulaires et des coupes.

Le *plan* est une coupe horizontale ou une projection du gîte sur un plan horizontal. Il suffit d'y tracer la méridienne pour y trouver la direction par une simple lecture (*fig. 4*). On y indique ordinairement l'inclinaison par une flèche \downarrow , à côté de laquelle on inscrit le nombre de degrés corres-

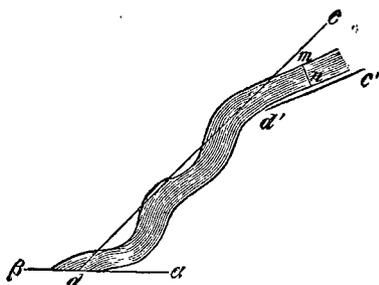


Fig. 5. — Profil en travers.

pondant. Les cartes géologiques qui portent l'indication des gîtes appartiennent à la catégorie des plans : leur exécution est rigoureusement indispensable pour la connaissance exacte et complète des conditions de gisement.

Il convient habituellement de joindre au plan une *projection verticale* sur un plan vertical parallèle à la direction.

L'*élévation* est la projection sur un plan passant par la

direction et l'inclinaison moyennes, c'est-à-dire sur le plan moyen du gîte.

Les *profils* sont des coupes verticales; le *profil transversal* est perpendiculaire à la direction: il fait connaître l'inclinaison et la puissance (*fig. 5*); le *profil en long* est parallèle à la direction.

Les plans et profils doivent, pour donner une représentation parfaitement exacte des gîtes, être exécutés avec une précision géométrique. Pour les gîtes réguliers, il suffit habituellement d'un plan et d'un profil; souvent, par exemple pour les filons, il convient d'y ajouter une projection verticale ou une élévation. Pour les gîtes irréguliers, on emploiera, selon les cas, plusieurs plans à différentes hauteurs et un nombre variable de profils (*V. fig. 79*). Le tracé sur les plans et coupes des détails géologiques contribue notablement à en accroître l'utilité.

10. *Classification scientifique des gîtes.* — Si utile que soit, à divers égards, la division des gîtes en réguliers et en irréguliers, surtout au point de vue spécial des applications à l'art des mines, elle est néanmoins peu propre à servir de base à une classification scientifique, parce qu'elle s'appuie sur un caractère purement extérieur, l'on pourrait dire accidentel. Nous adopterons la classification suivante :

- 1° Gîtes stratifiés;
- 2° Gîtes massifs;
- 3° Remplissages de cavités;
- 4° Gîtes métamorphiques.

Bien que les allures de chacune de ces quatre classes de gîtes et leurs relations avec la roche encaissante soient habituellement fort distinctes et en partie éminemment caractéristiques, elles ne suffisent cependant pas toujours à établir auquel des groupes fondamentaux il convient de rapporter un gîte déterminé; il faut tenir compte encore de divers autres éléments.

La classification ne peut être comprise d'une manière complète que si elle est le couronnement et le résumé d'études de détail; nous devons cependant en donner un aperçu, pour inviter le lecteur à ne pas la perdre de vue dans les descriptions qui suivront.

Les *gîtes stratifiés* annoncent, par leur allure, leurs relations avec la roche encaissante et la nature de leur remplissage qu'ils se sont formés originairement, comme les roches stratifiées, calcaires, grès, schistes, etc... à la surface du sol, par dépôts successifs au sein d'une masse liquide. Ce sont en conséquence, comme le dit fort bien Grimm, des formations sédimentaires.

Le dépôt, horizontal ou presque horizontal, a pu s'étendre avec une puissance uniforme sur de grandes surfaces, comme dans les couches, ou être discontinu, parfois purement local, et prendre alors par places des puissances considérables (amas stratifiés, nodules et mouches). Lorsque des gîtes de ce genre se trouvent, aujourd'hui encore, à la surface, comme beaucoup de minerais de fer pisolithiques et de gîtes d'alluvion, on les appelle *gîtes superficiels*; mais ordinairement ils sont encaissés entre les strates de roches sédimentaires, ou *inter-stratifiés*. Ils ont éprouvé les mêmes dislocations que la roche encaissante; ils sont caractérisés par ce fait qu'ils ont la même direction et la même inclinaison.

Ce n'est qu'exceptionnellement, pour les filons-couches, que cette concordance se retrouve dans les gîtes non stratifiés. Elle fait défaut dans le cas exceptionnel où un gîte stratifié repose sur une roche éruptive ou s'étend, en stratification discordante, sur les têtes d'un système de couches redressées et est ensuite recouvert de dépôts concordants plus récents. Le toit et le mur du gîte sont alors très différents l'un de l'autre.

Remarquons encore que des gîtes stratifiés ne peuvent être intercalés dans des roches éruptives. C'est s'exprimer

mal que de parler d'amas stratifiés dans le granite, la diorite, etc.

Les *gîtes massifs* comprennent toutes les roches éruptives, cristallines, comme la diabase, les péridotites, la syénite, etc., qui contiennent des minerais, comme la magnétite, dans des conditions qui supposent une production simultanée des minerais et de la roche. Le minerai est toujours alors réparti d'une manière essentiellement irrégulière, en cristaux isolés, en grains cristallins, en mouches, en veinules séparées ou réunies de manière à former des poches ou des amas.

Ces gîtes sont appelés massifs à cause de leurs rapports avec les roches éruptives (ou massives) et de la communauté d'origine.

Les *remplissages de cavités*, au contraire, sont plus récents que la roche encaissante. Il convient de les diviser d'après la manière dont se sont produites les cavités.

Les unes doivent leur origine à la destruction de la cohésion de la roche : des phénomènes de dessiccation, de refroidissement, de plissement, de pression, etc., ont produit des ruptures, des cassures, des fendillements et donné naissance à des *fentes*.

Les autres sont dues à des érosions, mécaniques ou chimiques, particulièrement abondantes dans les calcaires et les dolomies ; nous désignons les cavités, ordinairement très irrégulières, qui ont été ainsi produites par le nom de *grottes*.

Partout où la croûte terrestre présentait des cavités, les eaux minérales souterraines ont pu déposer des minéraux divers ; elles ont pu former des gîtes métallifères, lorsqu'elles étaient elles-mêmes chargées de sels métalliques.

Les fentes ont la forme de plateaux : les *remplissages de fentes* appartiennent dès lors aux gîtes réguliers. Les fentes

remplies s'appellent des *filons* ou des *veines* (1) ; il n'existe aucune différence essentielle entre les filons et les veines ; la première dénomination est habituellement réservée aux fentes de dimensions notables, la seconde s'applique à celles de petites dimensions.

Les filons peuvent traverser les roches stratifiées aussi bien que les roches éruptives : ils sont *transversaux* quand ils ont une direction et une inclinaison différentes de celles de la roche stratifiée qui les encaisse ; ce sont des *filons-couches* dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsqu'ils sont compris entre deux couches ; la distinction disparaît pour les filons qui traversent des roches éruptives.

Lorsque la fente qui a donné naissance à un filon s'élargit accidentellement de manière à atteindre des dimensions considérables et irrégulières, le filon passe à un *amas filonien*, ou *amas droit*.

Les *remplissages de grottes* appartiennent en majeure partie aux gîtes irréguliers et sont désignés par les noms d'amas, de poches et de mouches.

La transformation de roches en minerais a produit les *gîtes métamorphiques*. La transformation part habituellement de fentes ou de parois de cavernes ; les gîtes auxquels elle donne naissance sont, presque sans exception, de la plus grande irrégularité.

GITES STRATIFIÉS

11. *Couches ; amas stratifiés*. — Les gîtes stratifiés ont été caractérisés tout à l'heure d'une manière générale. Ils forment ou des dépôts superficiels recouvrant la surface

(1) Nous sommes obligés d'employer le mot *veine*, malgré son impropreté, pour traduire le mot allemand *trumm*, qui signifie filon peu puissant, se détachant habituellement d'un filon principal, et n'a pas d'équivalent exact en français. (Note du traducteur.)

actuelle du sol, ou des dépôts intercalés entre les strates du terrain en stratification concordante, dans des conditions qui indiquent qu'ils sont plus récents que leur mur, plus anciens que leur toit.

On peut les diviser en *couches* et *amas stratifiés*. Les *couches* ont une étendue considérable, sans discontinuité essentielle, et une puissance à peu près constante, relativement faible. Les *amas stratifiés* n'ont au contraire qu'une étendue réduite et une puissance souvent très variable, relativement importante. On voit qu'il est impossible d'établir une démarcation rigoureuse entre les deux classes de gîtes : le passage de l'une à l'autre se fait par degrés presque insensibles. La langue allemande seule les désigne par des mots spéciaux : *flötz* et *lager*; nous adoptons l'expression d'*amas stratifié* pour correspondre au mot allemand *lager*, parce que, quelque graduels que soient les passages, les types extrêmes des deux classes diffèrent assez pour justifier l'emploi de deux dénominations différentes. Les amas lenticulaires interstratifiés dans les terrains paléozoïques ne ressemblent guère, par exemple, aux couches de minerai de fer des formations jurassiques ou à la couche de schistes cuivreux du zechstein.

Les gîtes de pyrite de Røraas et Dovre, près de Trondhjem, en Norvège, interstratifiés dans des micaschistes, des schistes chloriteux et des phyllades, forment, d'après A. Helland, des masses généralement lenticulaires, qui se bifurquent dans toutes les directions, et dont la puissance varie de 0^m,10 à 26 mètres. La longueur horizontale sur laquelle chacune de ces masses peut être suivie varie depuis quelques mètres jusqu'à 570 mètres environ; elle décroît généralement en même temps que la puissance. Credner cite, près de Ducktown, dans le Tennessee, des masses pyriteuses lenticulaires, disposées en gradins dans des schistes talqueux et micacés, qui atteignent une puis-

sance de 150 mètres pour une longueur de 500 mètres seulement.

Les véritables couches ne ressemblent guère à des amas stratifiés typiques comme ceux que nous venons de citer. La couche de schistes cuivreux du zechstein, formée d'une marne bitumineuse imprégnée de minerai de cuivre, n'a que 0^m,50 de puissance moyenne; elle s'étend dans le bassin de Mansfeld seul sur environ 225 kilomètres carrés et se poursuit, avec une remarquable constance, jusqu'à Riechelsdorf, Frankenberg et Bieber, en Hesse, c'est-à-dire sur plusieurs milliers de kilomètres carrés. On connaît en Westphalie, dans la formation carbonifère productive, une couche de carbonate de fer spathique, compacte et cristallin, dont la puissance, comprise ordinairement entre 0^m,24 et 0^m,48, atteint rarement 1^m,20, et dont l'existence a été démontrée sur une longueur de plusieurs myriamètres entre Werden et Witten-sur-la-Ruhr.

COUCHES

12. *Sédimentation primitive.* — Toutes les couches ont dû, à l'origine, se déposer horizontalement; lorsque la sédimentation s'est faite d'une manière continue, et uniforme, elles ont pris la forme d'un plateau plan. L'assise sur laquelle repose une couche en constitue le *mur*; celle qui la recouvre en constitue le *toit*.

La puissance des couches dépend de la quantité de matière qui a pu se déposer en un point donné et varie par suite dans des limites étendues. Il y a des couches dont on évalue la puissance en centimètres; d'autres ont plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Les couches de grès noduleux (*Knottenflötze*) exploitées, à raison de leur teneur en plomb, près de Commern, dans l'Eifel, ont de

18 à 26 mètres de puissance. La couche d'hématite rouge des schistes huroniens du district de Negaunee, sur les bords du Lac Supérieur, a jusqu'à 30 mètres de puissance.

La puissance varie d'ailleurs très souvent dans une seule et même couche. Lorsqu'elle diminue au point que la couche disparaisse, on dit qu'elle *se serre* ou qu'elle éprouve une *serrée* ou un *crain*. Elle est alors représentée habituellement par un mince filet d'argile. L'expérience montre qu'à une serrée succède ordinairement une *réouverture* (fig. 6), et que le mineur doit dès lors, lorsque la couche paraît se



Fig. 6.

terminer en coin, en poursuivre la trace dans l'espoir de retrouver une zone renflée. Lorsque les serrées sont fréquentes et rapprochées, la continuité de la couche diminue sensiblement; le dépôt prend la disposition dite *en chapelet*, et chaque élément du chapelet forme un amas stratifié. Une couche en chapelet équivaut à ce que nous appellerons un peu plus loin (n° 17) un *système d'amas stratifiés* (*lagerzug*).

Toutes les inégalités que peut présenter le mur d'une couche sont nivelées par la sédimentation qui donne alors des couches de puissance variable (V. fig. 7). Elle a pu se faire dans un bassin fermé et isolé ou dans plusieurs bassins com-

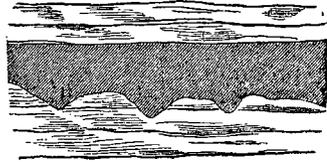


Fig. 7.

muniquant les uns avec les autres, dont les formes dépendaient des inégalités de la surface du sol. Si ces bassins avaient des rivages plats, les dépôts s'amincissaient progressivement sur les bords; si, au contraire, ils étaient limités par des falaises, les couches viennent buter contre

ces falaises avec une épaisseur souvent réduite, mais parfois aussi avec leur puissance complète. Les proéminences du fond, en forme d'îles, sont recouvertes par la sédimentation d'un dépôt en forme de manteau ou se trouvent



Fig. 8.

entourées comme d'une ceinture, ouverte ou fermée (V. fig. 8).

Selon que les conditions nécessaires pour le dépôt d'une couche se sont produites une

ou plusieurs fois dans un bassin, on y trouve une couche ou plusieurs. La couche de schistes cuivreux du Mansfeld est unique; on trouve au contraire, dans les formations crétacées du cercle de Teschen, d'après G. v. Rath (1), un ensemble de 51 couches de sphérosidérite de 0^m,05 à 0^m,07, rarement 0^m,10 à 0^m,15 de puissance.

Dans l'intérieur d'une couche, la minéralisation est souvent interrompue par des masses rocheuses, parallèles à la stratification, que l'on désigne sous le nom de *nerfs* ou de *barres*. Leur puissance varie comme celle des couches elles-mêmes. Lorsqu'un nerf commence avec une faible épaisseur et augmente ensuite graduellement de puissance, il divise la couche en deux bancs : on dit alors que la couche se *bifurque* ou *fait la fourchette*. Les bifurcations et les autres variations locales des conditions de sédimentations expliquent la variabilité du nombre des couches en divers points d'un même bassin.

Il n'existe habituellement à Commern, dans l'Éifel, que deux couches de grès noduleux, de 18 et 26 mètres de puissance. Mais chacune de ces couches se divise par l'introduction d'un nerf et l'ensemble forme alors quatre

(1) G. v. Rath, *Bericht über eine geol. Reise nach Ungarn*. Bonn, 1877, p. 4.

couches de moindre puissance. Les couches de minette du Luxembourg et de la Lorraine donnent un exemple remarquable de la variabilité du nombre des couches. Elles appartiennent au terrain jurassique moyen et sont constituées par des minerais de fer oolithiques. Elles renferment presque toujours des nerfs calcaires ou marneux. La puissance du dépôt ferrugineux et le nombre des couches diminuent régulièrement du nord au sud. Au nord, on connaît trois ou quatre couches exploitables de 4 à 5 mètres de puissance; plus au sud, deux couches seulement de 2 mètres de puissance et, près de Novéant, sur la frontière franco-allemande, une couche seulement, non exploitable, d'un mètre environ.

13. *Dérangements de la stratification primitive.* — Les couches se trouvent rarement dans la position horizontale ou presque horizontale dans laquelle elles ont dû se déposer. Toute altération de cette position initiale est désignée sous le nom d'*accident* ou de *dérangement*. Le dérangement le plus fréquent consiste en ce que la couche s'est ondulée et pliée sans avoir perdu sa continuité. La position horizontale est remplacée par une position plus ou moins inclinée; la direction et l'inclinaison restent constantes sur de grandes longueurs ou éprouvent des variations brusques, selon que le plissement a été plus ou moins énergique.

Un autre accident peut être la conséquence du précédent ou en être absolument indépendant : lorsque la cohésion de la couche a été vaincue par des plissements, des pressions, des chocs, il s'est produit une déchirure ou fente; la continuité du gîte a ainsi été interrompue et les deux parties, séparées par une fente, ont pu se déplacer l'une par rapport à l'autre. Le toit et le mur participent à tous ces accidents; l'ensemble même d'une ou de plusieurs formations peut être plissé et rompu par places, avec toutes les couches qu'il contient.

Ce n'est pas ici le lieu de fournir la preuve de l'horizontalité primitive des dépôts sédimentaires et des couches qui en font partie. Nous admettons cette horizontalité comme géologiquement démontrée.

Les causes des accidents, déformations, plissements, déchirures, doivent être cherchées dans des pressions qui ont pu élever ou abaisser les couches, ou, plus souvent sans doute, les comprimer latéralement. Ces forces ont été mises en jeu par des mécanismes divers. La contraction due au refroidissement de la croûte terrestre et le mouvement ascensionnel de roches éruptives qui en a été la conséquence paraissent avoir joué un rôle prédominant, à côté duquel il convient de citer, en leur attribuant une importance secondaire, les diminutions et les accroissements de volume dus à des phénomènes de dissolution ou de transformation.

14. *Selles et fonds de bateau.* — Le dérangement le plus habituel consiste en un plissement qui produit des *selles* et des *fonds de bateau*, ouverts ou fermés. Les *selles* et les *fonds de bateau fermés* sont formés par des soulèvements des couches en forme de dômes et des affaissements en forme de dômes renversés. Une coupe horizontale y dessine une courbe fermée (fig. 9) et les galeries d'exploitation à divers niveaux y suivent des courbes plus ou moins concentriques. On ne les rencontre que très rarement dans les couches de minerais.

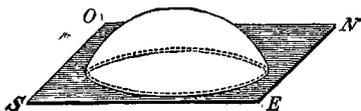


Fig. 9.

Les *selles* et les *fonds de bateau ouverts* (fig. 10 et 11) sont au contraire très fréquents. Les parties inclinées *f* de la couche forment les deux *flancs* ou les deux *pendages* du pli ; celui-ci est *synclinal* dans les fonds de bateau, *anticlinal* dans les selles. La ligne suivant laquelle se réunissent les deux pendages d'un pli forme l'*axe* de ce pli :

ss est l'axe d'une selle, mm l'axe d'un fond de bateau dans la figure 10.

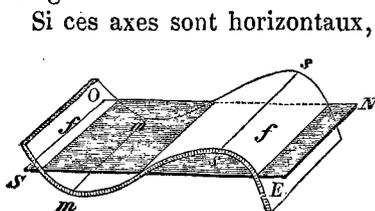


Fig. 10.

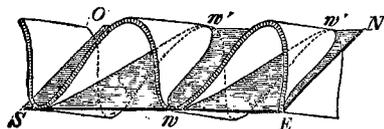


Fig. 11.

Si ces axes sont horizontaux, les lignes de direction des flancs sont exactement parallèles (fig. 10); s'ils sont inclinés sur l'horizon, leur inclinaison s'appelle l'*ennoyage* et les lignes de direction des flancs enveloppent alors des courbes sinusoïdales, dont les sommets w, w' sont situés sur les axes des plis (fig. 11).

Le passage d'un pendage à un pendage opposé se fait habituellement par un changement de pente graduel; parfois cependant il est brusque, comme dans les plis en zigzags des couches du bassin houiller belge. Les flancs des grandes selles et des grands fonds de bateau subissent fréquemment encore des *plissements locaux*, donnant lieu à des *selles* et à des *fonds de bateau secondaires* (V. fig. 66).

Le plissement peut être plus ou moins accentué et les flancs peuvent présenter des inclinaisons plus ou moins

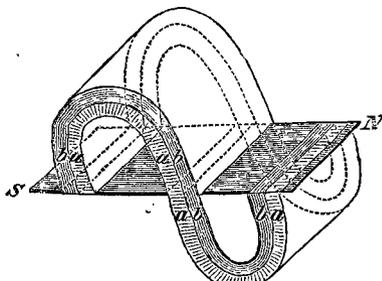


Fig. 12. — Renversement.

fortes et même devenir verticaux: on dit alors que la couche est *dressée* ou forme un *dressant*. Le plissement peut même avoir été assez violent pour rendre les deux flancs parallèles. L'un d'eux a alors une inclinaison supérieure à 90° :

il est *renversé*; la couche la plus ancienne, a , se trouve

au-dessus de la plus récente *b* (fig. 12) ; le mur primitif ou vrai mur de la couche est devenu son toit. Le gîte du Rammelsberg, près de Goslar, fournit un excellent exemple de ces renversements. Les schistes dévoniens supérieurs, dans lesquels il est intercalé, y sont recouverts par les schistes à calcéoles du dévonian moyen et par les grès à spirifères du dévonian inférieur (V. fig. 64).

Le plissement des couches a souvent été accompagné d'une rupture suivant les axes des selles ; l'action nivélatrice des eaux, s'exerçant sur une roche fissurée, y a ensuite donné naissance à une vallée d'érosion longitudinale.

Les allures variées des selles et des fonds de bateau, d'une part, les variations de la configuration de la surface, d'autre part, expliquent les figures plus ou moins compliquées que donnent les affleurements des gîtes. Lorsque la partie supérieure d'une selle a été enlevée par érosion, on dit que la couche *fait sa selle en l'air* (V. fig. 59, I, II et III).

La couche de schistes cuivreux du Mansfeld forme un fond de bateau très simple, à faibles pentes, ouvert vers le sud-est ; le *contour* se fait au nord-ouest, près d'Hettstädt. La largeur est de 4000 mètres environ entre Eisleben et Gerstedt, le pendage varie de 5 à 12° seulement. A ce grand fond de bateau viennent se réunir, au nord et au sud, deux petites *selles en l'air*, dont les flancs sont parfois plus raides. On rencontre d'ailleurs dans le fond de bateau, malgré la régularité générale de son allure, un grand nombre de petits dérangements, auxquels le mineur a donné des noms spéciaux, sans équivalents en français : des *selles locales*, dont l'axe fait un angle aigu avec la direction générale, des plissements en forme de genou, des *plis monoclinaux*, c'est-à-dire des parties de faibles dimensions dans lesquelles la couche a une inclinaison assez forte, comprises entre deux parties à pendages normaux, etc.

La couche de carbonate de fer spathique de Westphalie est beaucoup plus compliquée. Elle accompagne la couche

de houille *Hundsnocken Dickekirschbaum* et reproduit tous les plissements du terrain houiller.

15. *Brouillages, doublements, croisements.* — Le passage des accidents considérés jusqu'ici à ceux dans lesquels la continuité disparaît par suite de la formation de fentes et du déplacement des parties de couches séparées est fourni par les *brouillages, doublements* et *croisements*.

Les *brouillages* se trouvent aux axes de selles et de fonds de bateau le long desquels le plissement a vaincu la cohésion et rompu la couche en l'émiettant (fig. 13). Après cette rupture, les deux parties peuvent glisser l'une sur l'autre et la couche se *doubler* (fig. 14). Lorsqu'une roche pénètre dans la couche comme ferait un coin ou un verrou, sans produire cependant de déplacement relatif des deux parties qu'elle vient séparer, on dit qu'elle produit un *croisement* simple. Ces trois formes de dérangement sont relativement rares.

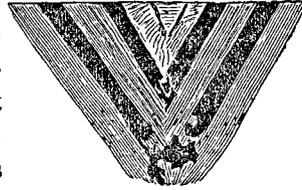


Fig. 13. — Brouillage.



Fig. 14. — Doublement.

16. *Rejets* (1). — Les *rejets* sont au contraire très fréquents. Une fente qui est accompagnée d'un déplacement relatif des deux parties de terrain qu'elle sépare s'appelle une *faille*; le déplacement produit s'appelle un *rejet* ou, dans quelques districts miniers, un *saut*.

Les failles ont la forme de plateaux : leur allure est identiquement celle des filons. Elles traversent les roches dans les directions les plus variées; leur inclinaison est généralement forte (de 50° à 80°) et leur puissance varie entre les plus larges limites. Leur remplissage les fait rentrer dans la catégorie des filons pourris ou stériles : il est

(1) v. Carnall, *Die Sprünge im Steinkohlengebirge*. Berlin, 1833.

habituellement constitué par des débris de la roche encaissante, usés et décomposés par le frottement. Lorsqu'on y trouve des minéraux et des minerais, ce qui est parfois le cas, les failles passent au rang des filons ordinaires. C'est ainsi que, dans la Prusse Rhénane, une faille importante du bassin houiller de l'Inde, près d'Aix-la-Chapelle, est exploitée comme filon de plomb et de zinc à la fosse *Breinviger Berg*, près de Stolberg.

Dès que l'exploitation rencontre une faille derrière laquelle la couche disparaît, elle doit résoudre la question du *passage du rejet*, c'est-à-dire des travaux à faire pour retrouver la couche. Cette recherche se faisait autrefois au hasard ou était négligée par les mineurs qui obéissaient aux préjugés les moins justifiés. La connaissance raisonnée et précise des rejets permet aujourd'hui de suivre, dans leur passage, des règles scientifiques.

Pour simplifier l'étude de phénomènes qui présentent souvent une grande complication, nous admettons les hypothèses suivantes :

- 1° Les failles et les parties de couches rejetées par elles ont la forme de plateaux à surfaces parallèles ;
- 2° Les intersections *ss* de ces surfaces, au nombre de quatre, sont parallèles entre elles ;
- 3° Le déplacement s'est produit suivant la ligne de pente de la faille (*su* de la *fig. 17*).

L'expérience montre en effet que la plupart des failles satisfont à ces hypothèses et permet, dès lors, de les prendre pour bases d'une théorie générale.

La diversité des phénomènes exige une classification et une terminologie spéciale. On peut diviser les rejets :

- 1° D'après la direction ;
- 2° D'après l'inclinaison ;
- 3° D'après la position des parties rejetées par rapport à la faille.

1. D'après la direction, on divise les rejets en rejets *isogonaux*, rejets *orthogonaux* et rejets *obliques*.

Les rejets *isogonaux* sont ceux dans lesquels la faille et la couche ont la même direction (fig. 15 et 16). Cette direction commune est nécessairement aussi celle des intersections *ss*.

Dans les rejets *orthogonaux*, les lignes de direction de la faille sont perpendiculaires à celles de la couche.

Dans les rejets *obliques*, ces lignes de direction font entre elles deux angles inégaux, l'un aigu, l'autre obtus.

L'angle de l'intersection des plans idéaux auxquels on peut ramener la couche et la faille

avec la ligne de direction de la faille joue un rôle important. Nous appellerons *angle du rejet* ou *de la faille* l'angle que font ces deux lignes au mur de la couche et au-dessus du plan horizontal qui détermine les lignes de direction (*x* de la fig. 17 et *f* de la fig. 18).

L'angle de faille est toujours nul dans les rejets isogonaux, toujours aigu dans les rejets orthogonaux. Dans les rejets obliques, il peut être aigu ou obtus; le dernier cas est assez rare, mais mérite une attention particulière, parce qu'il donne lieu à une exception aux règles auxquelles nous arriverons tout à l'heure. La figure 17 représente un rejet avec angle de faille aigu; la figure 18 un rejet avec angle de faille obtus.

2. D'après l'inclinaison, les rejets se classent en rejets

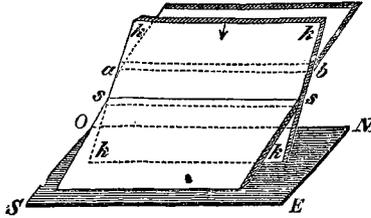


Fig. 15. — Rejet isogonal synclinal.

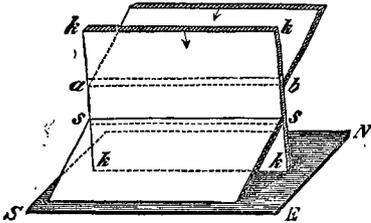


Fig. 16. — Rejet isogonal anticlinal.

synclinaux et rejets *anticlinaux*. Un rejet est *synclinal* lorsque la faille et la couche montent vers la même région du ciel, c'est-à-dire lorsque les projections horizontales des lignes de pente, prises dans le sens ascendant, font entre elles un angle aigu (fig. 15 et 18). Il est *anticlinal* dans le cas opposé (fig. 16). La distinction disparaît naturellement pour les rejets orthogonaux, pour lesquels les

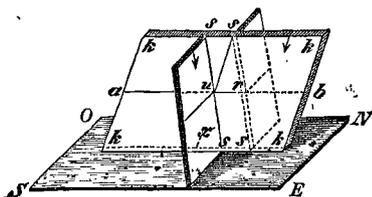


Fig. 17. — Rejet orthogonal.

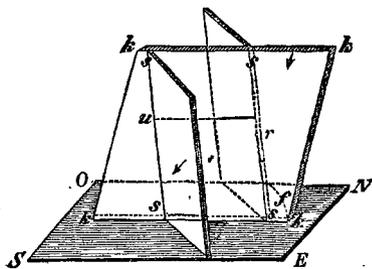


Fig. 18. — Rejet oblique synclinal à angle de faille obtus.

deux projections horizontales, normales aux deux traces, sont perpendiculaires l'une sur l'autre.

3. D'après la position des parties rejetées par rapport à la faille, on divise les rejets en rejets *normaux* et rejets *anormaux*. Les premiers sont ceux dans lesquels la partie de la couche située au toit de la faille est plus basse que celle située au mur. Dans les rejets anormaux, au contraire, la région du toit est plus élevée que celle située au mur de la faille.

Lorsque la faille est verticale, cas où le rejet est lui-même appelé vertical, elle n'a plus ni toit ni mur, et dès lors on ne peut plus parler de rejets normaux ou anormaux.

Tout rejet peut être à la fois d'une part isogonal ou oblique, de l'autre synclinal ou anticlinal.

La *hauteur de chute* d'un rejet est déterminée par l'écartement des lignes que l'ouverture du rejet a séparées, c'est-à-dire, par exemple, par l'écartement des inter-

sections du mur de la couche par le toit et le mur de la faille. Mesurée suivant la ligne de pente de la faille (*su*' de la *fig. 17*), cette hauteur de chute représente, dans l'hypothèse admise d'un glissement suivant la pente, l'amplitude vraie du mouvement. La projection de cette longueur sur une verticale est la *hauteur de chute verticale*. Appelant H_v la hauteur de chute verticale, H_p la hauteur de chute mesurée suivant la pente et α l'inclinaison de la faille, on a :

$$H_v = H_p \sin \alpha$$

Dans les rejets orthogonaux et obliques, on peut mesurer aussi l'écartement des deux intersections suivant la direction de la faille ou le *déplacement horizontal* (*ur* des *fig. 17* et *18*). Il ne faudrait pas conclure de l'emploi de cette expression que le mouvement se soit réellement produit suivant la direction de la faille, c'est-à-dire horizontalement.

La hauteur de chute suivant la pente, ou *hauteur de chute inclinée*, mesurant l'amplitude du glissement, est incontestablement l'élément le plus intéressant des rejets. L'exploitation des mines de houille a permis d'étudier des rejets qui atteignent, suivant la pente, plusieurs centaines de mètres. Rien ne porte à croire qu'il soit impossible de trouver, dans les couches métallifères, des dislocations de même importance; toutefois, celles des districts miniers les plus connus sont loin d'atteindre de pareilles dimensions. Les rejets de la couche de schistes cuivreux du Mansfeld ont des hauteurs de chute inclinées qui varient depuis quelques centimètres jusqu'à 40 mètres environ; ceux des couches plombifères de Commern, des hauteurs de chute comprises entre 42 et 46 mètres.

La disparition d'une couche dans une mine peut être due à une compression ou serrée, à une interruption ou à un rejet. Une serrée (*fig. 6*) est caractérisée par une

diminution graduelle de puissance et par la persistance d'un enduit minéral, parallèle aux strates du terrain, indiquant le prolongement de la couche. Les interruptions et les rejets sont tous deux caractérisés par la présence d'une fissure affectant le toit et le mur de la couche; s'il y a interruption, on trouve derrière la fissure une roche absolument différente de celles dans lesquelles la couche est encaissée (*fig. 8*), tandis que, dans un rejet, les roches du toit et du mur appartiennent en général à une seule et même formation. Ce dernier caractère se trouve évidemment en défaut lorsque le rejet a amené au contact deux formations différentes; mais c'est là une exception assez rare, qui doit donner lieu, dans chaque cas particulier, à un examen spécial.

Lorsque l'on est certain que l'on a affaire à un rejet, il sera dans tous les cas nécessaire de traverser la faille pour rechercher la couche du côté opposé ou *passer le rejet*. Le passage du rejet peut se faire par une galerie suivant la direction de la faille, ou par une cheminée suivant son inclinaison.

A proprement parler, le mineur doit choisir entre quatre directions perpendiculaires deux à deux. Il peut, soit horizontalement, soit suivant la ligne de pente, se placer dans le prolongement du toit ou dans le prolongement du mur de la couche qu'il vient de perdre. Le passage du rejet en direction est naturellement impossible pour les rejets isogonaux. Pour les autres, on a le choix entre la direction et l'inclinaison, mais on préfère habituellement le passage en direction.

Les rejets normaux, dans lesquels le toit de la faille a glissé sur son mur, se passent en observant la règle suivante :

« *Si l'on atteint la faille par son toit, on doit, après l'avoir traversée, se diriger du côté du toit de la couche que l'on vient de perdre; si au contraire on atteint la*

faille par son mur, on cherchera du côté du mur de la couche que l'on vient de perdre. »

On peut mettre cette règle sous une forme mnémorique abrégée, en disant : « *Faille par toit, couche au toit ; faille par mur, couche au mur* ».

La règle est en défaut et doit être renversée dans le cas des rejets obliques à angle de faille obtus (V. p. 25).

La mesure de la direction et de l'inclinaison de la couche et de la faille et une construction graphique ou un calcul permettront aisément de reconnaître si l'angle de faille est aigu ou obtus, de sorte que l'exception indiquée ne donne aucune difficulté. Mais il importe de se souvenir que la règle cesse d'être applicable et doit être renversée, on le voit sans peine, pour les rejets anormaux.

Il n'existe jusqu'ici aucun moyen absolument certain de distinguer les rejets anormaux des rejets normaux, et la règle donnée perdrait toute valeur sans les observations suivantes. Les rejets isogonaux sont généralement anormaux, tandis que les rejets orthogonaux et obliques sont généralement normaux. Peut-être est-ce là une loi tout à fait générale ; les observations faites dans les bassins houillers d'Aix-la-Chapelle et de Westphalie, beaucoup d'observations sur les dislocations des roches des régions les plus variées, par exemple du Hartz et des Alpes, enfin la théorie même semblent l'indiquer. On a émis depuis longtemps l'opinion que tous les rejets isogonaux doivent leur origine à des plissements de couches. A. Heim (1) a, le premier, approfondi ce sujet.

Considérant comme un pli l'ensemble d'une selle et d'un fond de bateau, Heim appelle *flanc moyen* le flanc compris entre l'axe de la selle et celui du fond de bateau.

D'après sa théorie, sur laquelle nous reviendrons ulté-

(1) A. Heim. *Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung*, Bâle, 1878.

rièvement (V. n° 149), un plissement de plus en plus accentué produit une compression, puis un écrasement du flanc moyen; le pli passe ensuite à un rejet qui est nécessairement isogonal (*fig. 19*). C'est ce que Heim appelle *rejet de plissement*, par opposition avec les *rejets de fracture*. Tous les rejets de plissement sont, d'après leur nature, des rejets isogonaux anormaux. Ils sont caractérisés par ce fait que le déplacement relatif des roches

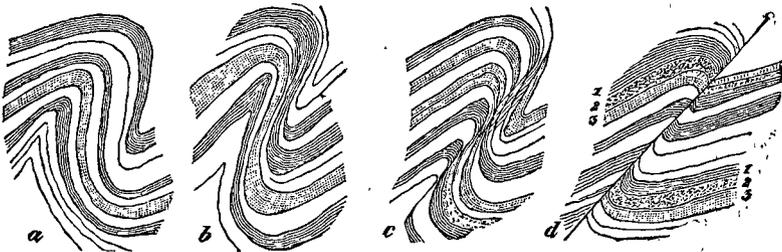


Fig. 19. — Passage d'un pli *a* à un rejet isogonal *d*.

précède la production de la faille, tandis qu'il suit cette production dans les rejets de fracture. Il est certain que, parmi ces derniers, les rejets isogonaux et les rejets anormaux sont très rares. De nombreuses observations dans presque tous les bassins houillers le démontrent, et ce sont ces observations qui donnent à notre règle sa valeur.

En l'absence d'indications contraires, on regardera en conséquence comme anormal tout rejet isogonal ou presque isogonal; comme normal, tout rejet orthogonal ou oblique.

Les inflexions des couches, au voisinage immédiat du plan, de faille, jettent souvent un jour précieux sur la nature du rejet. Dans les rejets normaux, les couches sont habituellement redressées au toit, infléchies vers le bas au mur de la faille (*fig. 20*), tandis que le contraire a lieu pour les rejets anormaux (*fig. 19*).

Dans certaines conditions de position de la couche et de la faille, les deux parties de la couche sont disposées de

telle manière que l'on peut, d'un point de l'une, abaisser une normale sur l'autre : on a alors un *recouvrement* (fig. 21), caractérisé par ce fait qu'entre les normales dd la couche est doublée. Dans ce cas, au lieu de marcher dans le plan de faille, on peut aussi passer le rejet par une galerie à travers bancs. Des calculs, détaillés par exemple dans l'ouvrage de Carnall, permettent de déter-

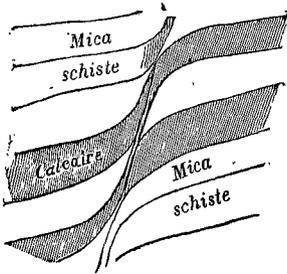


Fig. 20. — Inflexions des couches le long d'une faille, à Rodna, après Poszepny.

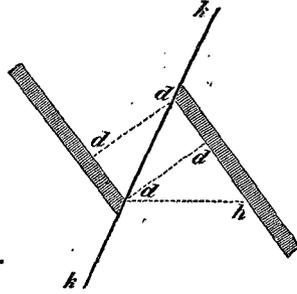


Fig. 21. — Profil d'un rejet avec recouvrement.

miner dans chaque cas particulier le chemin le plus court.

Dans la pratique, le mineur doit se demander à la fois quel est le chemin le plus court et quel est le plus avantageux pour l'ensemble de son exploitation. Il s'en faut souvent de beaucoup que le chemin le plus court soit le meilleur.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que du cas d'un rejet unique. Mais presque toujours les rejets, comme les filons, se présentent par groupes. Des rejets voisins l'un de l'autre divisent souvent la couche en une série de terrasses

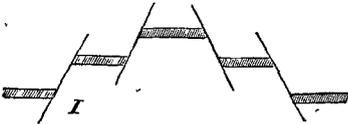


Fig. 22. I.

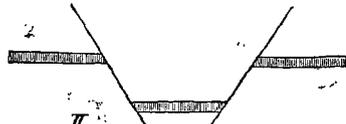


Fig. 22. II.

(fig. 22). L'allure des couches disloquées ne peut alors s'expliquer qu'en admettant des rejets successifs, dans

lesquels une faille a rejeté celles qui l'ont précédée. Les intersections ou croisements de failles entre elles présentent les mêmes caractères que les croisements de filons (V. *infra*, nos 25 et 26).

Lorsque des failles importantes par l'amplitude des rejets qu'elles produisent et par leur étendue sont accompagnées de failles plus petites, on appelle les premières *failles principales* les autres *failles secondaires* (fig. 23).

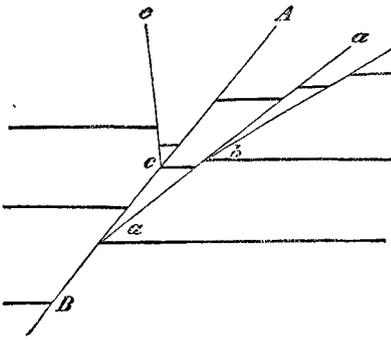


Fig. 23.

La première hypothèse admise par nous pour la théorie des rejets (V. p. 24) est parfaitement conforme à la réalité, lorsqu'on se borne à l'étude d'un phénomène circonscrit dans d'étroites limites;

mais, si l'on étend le champ des observations, on cesse de pouvoir regarder les couches et les failles comme limitées par des plans. La deuxième et la troisième hypothèse ne souffrent au contraire que de rares exceptions. Si les intersections des parois de la couche par celles de la faille cessent d'être parallèles, c'est qu'il y a eu torsion de l'ensemble du système; on observe alors des dispositions extrêmement compliquées dont on peut trouver quarante-neuf exemples différents, représentés par des figures schématiques, dans un ouvrage de John Farey (1).

A l'appui et comme preuve du bien fondé de l'hypothèse relative au glissement du toit sur le mur suivant la ligne de pente de la faille, on peut citer les surfaces planes

(1) John Farey, *General View of Agricult., etc.*, et Waldauf von Waldenstein, *loc. cit.*

polies et striées, appelées parfois *miroirs*, que l'on trouve dans le plan de faille ou parallèlement à ce plan. On peut citer encore les inflexions des couches, leurs parties comprimées, etc., dont les points correspondants se retrouvent en suivant la ligne de pente. Des observations analogues établissent aussi, dans des cas particuliers, que le mouvement ne s'est pas produit suivant l'inclinaison de la faille.

Il serait beaucoup trop long de décrire la variété presque infinie des phénomènes que produisent le croisement de failles plus ou moins nombreuses, les plissements des couches, les ondulations des failles, les torsions et les déplacements obliques des roches. Il suffira d'avoir donné quelques indications générales sur ce sujet.

AMAS STRATIFIÉS

17. *Formes des amas et des systèmes d'amas stratifiés.* — Nous avons indiqué plus haut, page 17, comment se fait le passage d'une couche à un amas stratifié. Des serrées et des élargissements successifs divisent la couche en masses plus ou moins régulières et étendues, sans lien les unes avec les autres, ou reliées par une mince couche d'argile. Chacune de ces masses forme un amas stratifié présentant habituellement la forme d'une lentille (*fig. 24 et 63*).

Les amas stratifiés de grandes dimensions, d'allure irrégulière, sont souvent désignés simplement sous le nom d'*amas* ou sous celui d'*amas couchés*. Lorsqu'ils n'ont que peu d'étendue, on les appelle *rognons* ou *nodules*.

La répartition et l'extension des diverses sortes d'amas stratifiés dans le plan d'une couche est essentiellement

variable, comme a pu l'être, d'un point à l'autre, la minéralisation des eaux dans lesquelles s'est formé le dépôt. On peut imaginer et parfois trouver tous les passages entre une répartition uniforme sur de grandes surfaces, une distribution par traînées et la formation de masses entièrement isolées.

Nous avons dit que les couches ont rarement conservé leur horizontalité primitive : la même observation s'applique aux amas stratifiés. Comme les strates du terrain encaissant, ils sont relevés, inclinés, déformés par des compressions latérales qui y ont donné naissance à des selles et à des fonds de bateau, disloqués enfin et rejetés par des failles. Mais il est rare que l'on puisse se rendre compte de ces accidents en étudiant isolément un amas stratifié : ils ne se montrent nettement que lorsqu'on considère l'amas comme un élément d'un dépôt stratifié étendu ou que l'on réussit à prouver, dans des cas particulièrement favorables, la liaison de plusieurs amas entre eux.

Lorsque les couches sont fortement redressées, l'exploitation des mines n'a pu poursuivre les amas stratifiés jusqu'à une profondeur considérable que dans le cas d'une minéralisation particulièrement riche. On ne connaît le plus souvent que la partie des couches et des amas voisine de la surface du sol. Si l'on considère que les amas stratifiés sont souvent répartis d'une manière fort irrégulière, on comprendra que beaucoup de ceux qui appartiennent à une même formation restent inconnus et que, par suite, d'autres soient à tort regardés comme isolés. Il est incontestable cependant qu'il a pu se former des amas stratifiés uniques, isolés, purement locaux.

Des amas stratifiés qui doivent leur origine à un même phénomène de sédimentation, qui ont ainsi tous le même mur, plus ancien qu'eux, tous le même toit, plus récent, qui s'étendent sur de grandes surfaces et dont on peut

suivre les affleurements sur de grandes longueurs en direction, forment un *système d'amas stratifiés* (fig. 24). Un pareil système ne diffère en rien d'une couche en chapelet.

De même que plusieurs couches ont pu se déposer

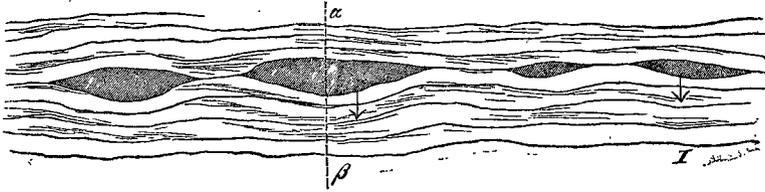


Fig. 24. I. — Plan d'un système d'amas stratifiés.

successivement dans un même bassin, de même la formation des amas a pu se répéter ; on trouve souvent plusieurs systèmes d'amas stratifiés les uns au-dessus des autres.

Les lentilles de carbonate de fer lithoïde et de sphérosidérite, intercalées dans les phyllades des formations les plus variées, fournissent un excellent exemple de masses minérales en rognons ou en nodules réunies de manière à constituer des couches. D'après v. Cotta, on connaît des systèmes d'amas stratifiés de ce genre sur une longueur de six cents kilomètres environ sur le versant nord des Carpathes, depuis la Bukowine jusqu'en Moravie.

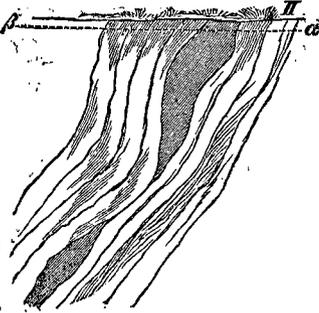


Fig. 24. II. — Profil suivant $\alpha \beta$.

Des systèmes d'amas quartzeux, formés de lentilles de trois à cinq mètres de puissance, contenant de l'or natif avec des pyrites et des sulfures de toute nature, se rencontrent dans les couches huroniennes qui s'étendent sur une grande longueur, parallèlement aux monts Alleghany,

dans les états de Maryland, de Virginie, de la Caroline du Nord et de la Caroline du Sud.

A Poschorita, en Bukowine, on peut suivre sur près de trente kilomètres un système de lentilles pyriteuses compactes et continues, dont le prolongement se voit, avec quelques interruptions, sur soixante-quinze kilomètres environ.

Nous donnerons, dans la troisième partie, beaucoup d'autres exemples détaillés de gîtes de ce genre.

Un phénomène d'un haut intérêt est celui de la distribution de lentilles métallifères suivant une direction *diagonale* dans le plan d'une couche, c'est-à-dire suivant une direction intermédiaire entre l'horizontale et la ligne de pente : ce phénomène présente une grande analogie avec celui des colonnes métallifères dont nous parlerons plus tard à propos des filons (V. *fig.* 55).

A. R. Schmidt (1) a décrit les lentilles formées de pyrite cuivreuse, de pyrite de fer et de magnétite que l'on exploite à Prettau, dans le Tyrol. On y connaît, dans les micaschistes passant aux phyllades et aux schistes chloriteux, douze amas stratifiés lenticulaires, de 1 à 6 mètres de puissance, dont la longueur horizontale varie de 16 à 80 mètres seulement, mais qui s'étendent en diagonale en plongeant sous un angle de 45° à 80°, et qui ont été suivis en descendant sur 400 mètres, sans que l'on ait atteint l'extrémité du dépôt.

Les lentilles pyriteuses du Brenthal, près de Muhlbach, dans le Pinzgau, qui fournissaient autrefois la matière première pour la préparation du vitriol de Salzbourg, ont une allure semblable. F. M. Stapff (2) les a décrites. Elles se trouvent dans les micaschistes, ont de 2 à 4 mètres de puissance et de 20 à 30 mètres d'étendue

(1) *Berg und Huttenmännische Zeitung*, 1868, p. 403.

(2) *Berg und Huttenm. Zeit.*, 1865, p. 30 et 31.

en direction. « Elles sont rangées sur trois lignes qui suivent toutes les inflexions des schistes et plongent de 15° vers le nord-ouest. Ces trois zones métallifères ont ainsi leur plus grande dimension dans une direction intermédiaire entre l'horizontale et la ligne de pente des mica-schistes. »

Si les lentilles pyriteuses de Prettau, de Muhlbach et d'autres analogues sont de véritables amas stratifiés, ce qui, pour bien des motifs, paraît hors de doute, elles ont dû, au moment du dépôt horizontal primitif, constituer des traînées de minéral. Ce n'est que plus tard, au moment du soulèvement des couches, que la direction de ces traînées est devenue diagonale. Comme il y a dans une couche un nombre infini de directions diagonales pour une seule horizontale et une seule ligne de pente, il est infiniment probable que des dépôts alignés en traînées dans des couches inclinées auront une direction diagonale.

Lorsque les amas stratifiés s'écartent de la forme lenticulaire, ils le font habituellement, et c'est le cas le plus intéressant, en se bifurquant. Le phénomène ressemble beaucoup à celui de la bifurcation d'une couche et peut avoir la même cause, l'introduction puis le développement d'un nerf qui divise le dépôt. Mais les bifurcations paraissent aussi avoir été produites, dans d'autres cas, par l'action d'autres forces qui se manifestaient par des flexions, des plissements particuliers, des torsions, en un mot par des déformations pendant le soulèvement des gîtes et des couches encaissantes. Le gîte si connu du Rammelsberg, près de Goslar, sur la lisière nord du Harz, en fournit un très bel exemple. Il a partout la même direction et le même pendage que la roche encaissante et en partage tous les dérangements, même aux points où une bifurcation s'en détache du côté du toit (V. *fig. 64.*) D'après Fr. Wimmer, cette bifurcation ne peut s'expliquer que par un plissement

suivant la ligne de pente; partout, en effet, les schistes encaissants se moulent exactement sur le gîte.

Ailleurs on trouve des bifurcations produites par des plissements suivant la direction. Le célèbre gîte de Paris-Mountain (1), dans l'île d'Anglesea, qui paraît ressembler beaucoup à celui du Rammelsberg, se bifurque dans le sens de la direction.

On trouve des bifurcations très intéressantes dans les amas stratifiés de fer carbonaté spathique intercalés dans un calcaire grenu à Huttenberg, en Carinthie (V. *fig.* 65). Les amas stratifiés de calcaire grenu s'y comportent exactement de même par rapport aux micaschistes encaissants. On est étonné de retrouver les mêmes bifurcations dans les coupes données par A. Helland des gîtes de Røraas et de Dovre, près de Throndhjem et de remarquer que, de même qu'au Rammelsberg, les schistes s'y moulent exactement sur les masses de pyrite.

Tout ce qui a été dit précédemment des rejets des couches (n° 16, pages 23 et suivantes) s'applique sans modification aux rejets des amas et des systèmes d'amas. Nous en donnons des exemples dans la troisième partie (V. gîtes de Wicklow, de Schemnitz, etc.)

Ajoutons encore, pour terminer l'exposé des faits relatifs aux allures des couches et des amas stratifiés, que les limites de ces gîtes sont très souvent loin d'être nettement accusées. On y remarque souvent, entre la roche encaissante minéralisée et le gîte proprement dit, un passage si graduel qu'il devient impossible d'attribuer à ce dernier des formes définies avec précision.

(1) Naumann, *Lehrb. d. Geognosie*, 2^e édition, t. III, p. 488.

GITES MASSIFS, CAVITÉS REMPLIES,
GITES MÉTAMORPHIQUES.

Nous avons précédemment caractérisé les gîtes non stratifiés et établi leur division en *filons*, *amas*, *poches* et *mouches*. Les filons sont des gîtes réguliers imitant la forme d'un plateau. Les amas, poches et mouches sont des gîtes irréguliers.

FILONS

18. *Fractures ; les filons sont des fentes remplies.* — Toute fracture du terrain a produit une fente capable de devenir un filon. Les fractures sont dues à deux causes principales : 1° Changement de volume d'une roche par suite de refroidissement, de dessiccation ou de transformation chimique ; 2° Pressions mécaniques inégales dues à des mouvements de la croûte terrestre, par suite de tremblements de terre, de soulèvements et d'affaissements du sol et de plissement des roches stratifiées.

Dans chaque cas particulier, la nature de la cause et les conditions variables de cohésion de la roche produiront des cassures plus ou moins profondes.

Un changement de volume, un fort ébranlement, une compression violente de systèmes restreints, de couches ou de roches isolées, produisent habituellement un grand nombre de petites fentes orientées dans toutes les directions : lorsque ces fentes ont été remplies, minéralisées, on les appelle des *filons ramifiés* ou des *veines*. Les veines

sont habituellement concentrées dans une seule roche ou un seul terrain et ne passent pas ou passent rarement dans d'autres formations. Elles ne produisent que très rarement, et sur une petite échelle, des déplacements de la roche (V. n° 144, fentes de retrait et de pression).

Lorsqu'au contraire des mouvements de parties importantes de la croûte terrestre produisent des fentes, celles-ci traversent très souvent plusieurs formations, descendent à des profondeurs inaccessibles pour nous et s'étendent parfois au jour sur de très grandes longueurs. Elles produisent presque toujours des rejets.

Les expressions de direction, inclinaison, puissance, mur, toit, affleurements, etc., sont employées pour les filons avec le même sens que pour les couches. On emploie en outre, en parlant des filons, les expressions d'*épointes* pour désigner à la fois le toit et le mur, et de *salbandes* pour désigner les surfaces de contact du filon avec ses épointes.

19. *Veines*. — Le géologue et le mineur rencontrent à chaque pas des cassures et des veines, comme les veines de quartz qui traversent un grand nombre de roches, le gneiss, la grauwacke, le phyllade, les schistes siliceux; les veines de calcite des roches calcaires, celles de gypse fibreux dans des gypses compactes, etc., etc... Parfois l'on trouve dans ces veines des minéraux métallifères, comme de la pyrite de fer ou de cuivre, du fer olé-giste, etc.

Fr. Hofmann (1) a décrit les schistes talqueux de Ruosina dans les Alpes apuaniennes : ils sont traversés dans tous les sens par des veinules contenant du quartz et des sulfures, habituellement de la galène argentifère et de la blende, moins souvent de la stibine, de la pyrite de fer et de la pyrite de cuivre. Ces veines sont à leur tour croi-

(1) Karstens, *Archiv*. 1833, t. VI, p. 238.

sées par d'autres veines contenant du fer oléigiste et on trouve dans leur voisinage, dans les mêmes schistes cristallins, des filons puissants d'hématite rouge, de fer oléigiste et de magnétite.

L'exploitation des carrières de Miltitz (1), près de Meissen, en Saxe, a fait découvrir un gîte intéressant de filons ramifiés. On y exploite un amas stratifié d'un beau calcaire saccharoïde intercalé entre des phyllades et des schistes amphiboliques. On y a trouvé plusieurs veines de calcite de deux centimètres et demi de puissance maxima, contenant de la pyrite de fer, de la nickéline, de la smaltine, de l'érythrine, de l'argyrose et de l'argent natif. Ni le remplissage, ni la direction et l'inclinaison des veines ne donnent lieu d'admettre une relation avec les filons connus dans le voisinage.

Sur le versant sud du Mont Calanda (2), dans les Grisons, on trouve, dans une couche de schistes chloriteux, du terrain jurassique, intercalée en stratification concordante entre d'autres roches de la même formation, des veines qui ne pénètrent pas dans les autres roches. Elles ont de 0^m,30 à 1 mètre de puissance et 7 mètres au plus de longueur en direction, bien que la couche dans laquelle elles se rencontrent continue sur plus de 100 mètres. Elles renferment du quartz et de la calcite avec de l'or natif et des pyrites aurifères.

On connaît dans les diabases siluriennes compactes du Hartz, par exemple à Zorge (3), des filons ramifiés de directions très variées, assez constants, de 0^m,50 à un mètre, rarement 4 mètres de puissance, contenant de l'hématite rouge, compacte ou fibreuse, du fer oléigiste, du quartz, de la calcite et du braunspath.

(1) Stelzner, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 253.

(2) Deicke, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1860, p. 119.

(3) *Erläuterung z. geol. Spezialkarte v. Preussen. Blatt Zorge, n° 237, p. 11.*

Les porphyrites intercalées à Ilfeld (Hartz) (1), dans le grès rouge moyen renferment des filons ramifiés de directions variées, dont la puissance atteint 0^m,60, qui contiennent des minerais de manganèse et du sulfate de baryte et qui sont célèbres par la beauté des cristaux d'acérodèse, de hausmannite et de braunite qu'ils ont produits : ces filons n'existent que dans les nappes de porphyrite.

Un passage graduel conduit des veines et filons ramifiés dont nous venons de citer quelques exemples aux plus grands filons. Ce passage devient visible lorsque de grands filons ne sont qu'une réunion de veines traversant une roche plus ou moins altérée ; on en trouve un bel exemple dans le filon du puits *Altglück*, près d'Uckerath et de Bennerscheid dans le cercle de Siegen. Mosler le décrit comme un système de veines, exploitable sur une longueur de 600 mètres. Les filons de l'Oberhartz, près de Clausthal, prennent parfois la même allure.

L'apparition de veines nombreuses dans une roche et la réunion de ces veines en faisceaux prennent habituellement leur plus grand développement dans les gîtes en relation avec des roches éruptives. On trouve à Vöröspatak, dans le Siebenburgen, un amas de porphyre entouré de grès éocènes et traversé par d'innombrables veines irrégulières contenant, dans une gangue de quartz et de diallogite, de l'or natif, de la blende, du cuivre gris, de la pyrite de fer, etc. Les grès éocènes voisins sont aussi traversés par des veinules avec or natif. Les filons métallifères de Kremnitz, en Hongrie, consistent, d'après Windakiewicz, en fentes qui traversent des trachytes amphiboliques tertiaires ; si l'on indique des puissances de 19, voire de 30 mètres, c'est en appliquant cette dénomination à un ensemble de veines irrégulièrement disséminées dans une

(1) *Erläuterung z. geol. Specialkarte v. Preussen. Blatt Nordhausen, n° 256, p. 9.*

roche décomposée argileuse, contenant du quartz cristallin ou compacte avec des pyrites aurifères et argentifères.

Tous ces exemples, qu'il serait aisé de multiplier, montrent qu'il existe réellement des passages des plus petites veines aux filons les plus puissants. Ces passages sont si graduels, si variés, que ce serait se donner une peine inutile que de tenter d'en présenter une classification systématique.

20. *Filons simples, filons composés.* — Ce que nous venons de dire n'enlève rien de sa valeur à la distinction, introduite par B. v. Cotta (1), de filons *simples* et de filons *composés*. Les filons simples sont principalement remplis de minéraux et ne renferment qu'accidentellement des fragments de la roche encaissante. Ils sont caractérisés par la présence de deux salbandes les séparant nettement de leurs épontes. Leur puissance est rarement supérieure à 2 mètres. Les filons simples comprennent d'abord toutes les veines, puis beaucoup de filons véritables, par exemple ceux qui, aux environs de Freiberg, dans l'Erzgebirg saxon, traversent les gneiss et accessoirement les micaschistes des formations primaires. On y compte environ 900 filons distincts, de directions et de remplissages variés, dont la puissance dépasse rarement de 0^m,30 à 0^m,75. Citons encore les filons de Kongsberg qui traversent les gneiss au nombre de 500 au moins, dont la puissance varie depuis six millimètres jusqu'à 0^m,30 au maximum et qui ont généralement une direction est-ouest avec une forte inclinaison.

Les filons composés sont principalement pierreux. Leur remplissage est formé soit par la roche encaissante intacte, soit par des produits de la transformation chimique et mécanique de cette roche (fig. 25). Des veines irrégulièrement disséminées ou des filons simples réguliers et

(1) *Berg und Huttenm. Zeitung*, 1864, p. 395.

minéralisés traversent ce remplissage. Les salbandes, sans manquer absolument, sont souvent confuses ; il est alors impossible d'établir une démarcation précise entre le filon et ses épontes : des veines pénétrant dans les épontes et s'y perdant graduellement établissent un passage progressif et, en outre, la roche encaissante inaltérée passe graduellement à la roche altérée du remplissage.

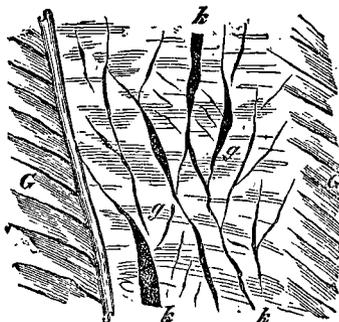


Fig. 25. — Filon composé. — G, roche encaissante. — g, gangue. — k, veines métallifères. — s, salbande.

La puissance des filons composés est très considérable et peut dépasser 40 mètres. La mine *Altglück*, près d'Uckerath, celles de Clausthal dans le Hartz, de Kremnitz en Hongrie et d'autres, fournissent des exemples typiques de filons composés.

21. Rejet de la roche encaissante. — Le mineur se propose d'exploiter les filons et n'attaque la roche encaissante qu'en cas de nécessité absolue. Aussi n'est-ce que dans les cas les plus évidents que l'on a pu reconnaître les rejets produits par les filons eux-mêmes dans leurs roches encaissantes, tandis qu'en exploitant des couches on a de fréquentes occasions de rencontrer des rejets par des filons ou failles. On connaît depuis longtemps les rejets de la couche de schistes cuivreux du Mansfeld par des failles qui, dans le Mansfeld, à Riechelsdorf, à Bieber, deviennent des filons de cobalt et de nickel.

Au *Giftberg*, près de Komorau (Bohême) (1), une couche d'hématite rouge et de carbonate de fer, de 0^m,50 à 2 mètres de puissance, située dans le terrain silurien, est rejetée

(1) Lipold, *Jahrb. d. k. k. g. Reichsanstalt in Wien* 1862, *Sitzungsbericht*, p. 195 et 1863. *Abhandl.*, p. 427.

par des failles isogonales et orthogonales. Les failles isogonales, qui produisent des rejets de 28 mètres, sont remplies d'argile et de produits de décomposition mécanique, au milieu desquels on trouve de beaux cristaux bleus de barytine. Les failles orthogonales, qui ne donnent que des rejets très faibles, sont riches en minéraux tels que le quartz, le jaspé, l'hématite rouge, la pyrite, la sidérose, la barytine, le cinabre, le braunspath, le cuivre gris, et appartiennent par suite aux filons minéralisés et métallifères.

Des phénomènes aussi visibles passent difficilement inaperçus. Mais, lorsque les filons ne traversent aucune couche exploitable, la possibilité de reconnaître les rejets qu'ils produisent, certainement beaucoup plus souvent qu'on ne l'a admis jusqu'ici, dépend du hasard des circonstances.

Les filons composés du plateau de Clausthal rejettent la roche encaissante. On s'en aperçoit à Bockswiese et à Lautenthal dans les travaux souterrains, parce que ces travaux ont attaqué les épontes sur un grand nombre de points et ont trouvé deux formations différentes, le dévonien et le terrain carbonifère inférieur, avec des roches caractéristiques, faciles à distinguer, formant des horizons constants. Le profil en travers par le puits *Johann Friedrich*, à Bockswiese (*fig. 76*), coupe deux filons, le *Bockwieser Hauptgang* et le *Grundlindner gang*. Le rejet est particulièrement visible au dernier, au toit duquel les schistes siliceux du *culm* sont à 200 mètres plus bas qu'au mur. Les phyllades et grauwackes du *culm*, qui recouvrent les schistes siliceux du même terrain, et les couches dévoniennes sous-jacentes, les calcaires *Kramenzel*, les schistes de Goslar, les schistes à calcéoles et les grès à spirifères participent au dérangement. Seulement les grauwackes du *culm* ont été enlevées par érosion au mur du filon et les couches dévoniennes inférieures n'ont pas encore été atteintes au toit.

Les levés géologiques permettent de reconnaître les failles et les filons qui produisent des rejets. Ceux de l'Oberhartz, par exemple, ont constaté qu'au jour le mur du filon qui s'étend de Schulenberg à Bockswiese est constamment dévonien, tandis qu'au toit on trouve les couches du carbonifère inférieur (*culm*), nettement séparées des précédentes.

Souvent, lorsque l'on a affaire à des couches ou à des systèmes de couches redressées, le rejet n'est indiqué que par un déplacement latéral. La carte générale du champ de filons de la partie nord-ouest du Hartz, par E. Borchers, montre nettement que le prolongement des filons réunis *Rosenbüscher Hauptgang* et *Burgstädter Hauptgang* déplace latéralement de 300 mètres, c'est-à-dire rejette, le système des diabases dévoniennes. A. von Groddeck (1) a réussi, en démontrant l'existence d'un rejet latéral des schistes siliceux du *culm*, à découvrir dans l'Oberhartz un filon nouveau; le même procédé permettra certainement encore d'en découvrir d'autres.

A en juger par la carte géologique annexée par E. Tilmann à sa description du district minier de Guanajuato (Mexique) (Munster, 1866), la *veta madre* rejette latéralement d'environ 4000 mètres les couches du grès rouge.

Lorsqu'un filon transversal n'a pas les mêmes couches au toit et au mur, il a toujours produit un rejet. On pourrait indiquer beaucoup d'exemples de ce cas; bornons-nous à en citer trois. Le mur du filon du puits *Hülfe Gottes*, près de Grund, dans l'Oberhartz, filon qui est réellement transversal, est formé, dans l'étendue du champ d'exploitation, par un phyllade feuilleté; le toit, par un conglomérat de *grauwacke* à gros grains. Le filon du puits *Louise*, près de Horhausen, dans le district de Coblenz, a des *grauwackes*

(1) v. Groddeck. *Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft*, 1877, p. 440.

au mur, des phyllades au toit, et c'est un vrai filon transversal. D'après une communication de E. Sandberger (1), les filons métallifères de Freudenstadt (Wurtemberg) rejettent la roche encaissante : une des épontes est formée de grès bigarré, l'autre de muschelkalk.

Les filons qui rejettent leur roche encaissante sont ordinairement des filons composés, avec une salbande nette au mur et un passage graduel du remplissage à la roche du toit, par fendillement de ce toit (*fig 25*). La présence d'une salbande au toit paraît très rare. On conçoit aisément que le mur d'une fente ouverte dont le toit prend un mouvement descendant ne puisse plus se fissurer et que le toit au contraire, constamment ébranlé par son mouvement, se fendille de plus en plus. On s'explique dès lors qu'il éprouve des altérations mécaniques beaucoup plus fortes que celles du mur.

Les filons de l'Oberhartz ont ordinairement au mur des salbandes argileuses très prononcées; au toit, le remplissage et la roche se confondent graduellement l'un avec l'autre.

Hilt fait la même remarque pour le filon du puits *Louise*, près de Horhausen, cité plus haut comme rejetant la roche encaissante.

Comme lorsqu'il s'agit des couches, l'observation des inflexions des strates au voisinage d'un filon permettra de déterminer le sens du mouvement de l'éponte rejetée (V. p. 31).

22. *Filons de contact*. — On a appelé *filons de contact* des filons situés au contact de deux roches différentes. Les filons qui rejettent leur roche encaissante présentent l'apparence de filons de contact aux points où le toit et le mur sont différents. L'oubli de ce fait, trop souvent perdu de vue, a produit toutes sortes de considérations inexactes et

(1) *Neues Jahrbuch für Min., etc.*, 1868, p. 388.

de représentations sans valeur. Les filons-couches (p. 14), dont le toit et le mur diffèrent pétrographiquement, ne reçoivent pas habituellement le nom de filons de contact : on le réserve pour ceux qui viennent au jour au contact d'une roche éruptive et d'une roche stratifiée. On peut citer comme filons de contact le filon de la fosse *Haus Baden*, près de Badenweiler, dans le sud de la Forêt-Noire; ce filon, renommé par ses magnifiques cristaux de minerais de plomb oxydés se trouve au contact du grès bigarré et du granite; on peut citer encore beaucoup de filons d'hématite rouge au contact du granite et des micaschistes de l'Erzgebirg saxon.

On peut se demander si ces filons ont aussi été produits par un rejet ou s'ils doivent leur origine à un simple élargissement et au remplissage du joint de la roche éruptive avec la roche sédimentaire. Les deux modes de production ont probablement existé. Chaque cas particulier devra être examiné à part et il est très vraisemblable que l'on reconnaîtra un nombre de rejets beaucoup plus considérable qu'on ne l'a supposé jusqu'ici.

Les filons entièrement encaissés dans des roches éruptives montrent aussi fréquemment des différences entre le toit et le mur et des phénomènes de contact qui indiquent l'existence d'un rejet. Le filon de Mancayan (1), dans l'île de Luçon (Philippines), dont la puissance atteint 60 mètres et qui est connu par son énergite, traverse des trachytes avec un pendage voisin de 90°. Le trachyte est différent aux deux épontes, ce qui fait penser à Simon qu'il est rejeté par le filon. D'après sa description, c'est incontestablement un filon composé, car il est formé « d'un système de fentes « parallèles remplies d'énergite et d'un système de veines « obliques qui pénètrent parfois dans la roche encaissante » et contiennent de la covelline. »

(1) Simon, *Berg und Huttenm. Zeitung*, 1867, p. 41.

Le *Moderstollner Hauptgang*, près de Schemnitz, en Hongrie, a pour mur une diabase compacte, foncée, aphanitique, dont il est séparé par une puissante assise d'argile. Le toit est formé par un trachyte amphibolique (*grünstein trachyt*) décomposé, à grain fin, de couleur verdâtre, contenant un peu de pyrite, avec lequel le filon se confond insensiblement. Il présente donc encore les caractères d'un filon qui a rejeté son toit.

23. *Direction et inclinaison des filons.* — L'observation montre que les filons peuvent avoir toutes les directions et toutes les inclinaisons. Rien de plus naturel d'ailleurs, puisque ce sont des fentes produites dans les roches par suite de tensions intérieures ou de pressions extérieures et que ces fentes ont dû suivre constamment les lignes de moindre résistance. On ne peut se rendre un compte parfait de leur situation que si l'on connaît, d'après la structure géologique de la région, la direction et l'intensité des tensions et pressions qui se sont trouvées en jeu, condition qui est rarement remplie.

En comparant les différents champs de filons d'après les directions de leurs éléments, on est amené à les diviser en trois groupes typiques : les *filons réticulés*, les *filons parallèles* et les *filons rayonnants*. Ces groupes n'ont pas de démarcation rigoureuse : ils sont reliés les uns aux autres par des passages graduels.

Les *filons réticulés* (fig. 26) sont caractérisés par ce fait que les cassures principales d'un district sont orientées dans toutes les directions et se croisent de manière à former un réseau. On trouve habituellement, dans ce réseau, quelques directions dominantes.

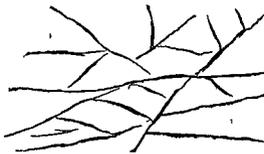


Fig. 26. — Filons réticulés.

L'Erzgebirg saxon est riche en filons réticulés ; les plus nettement développés sont ceux de Marienberg et de Schneeberg ; à Freiberg, on observe déjà trois directions

principales : h. 3, h. 9, et h. 12. Pour s'orienter plus facilement dans ses champs de filons, le mineur saxon emploie une terminologie spéciale qu'il est bon de connaître et qu'indique la figure 27. Il ajoute au nom du filon l'une

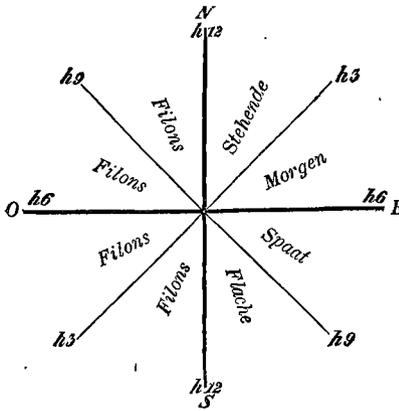


Fig. 27.

des expressions *stehende* ou *flach*, *morgen* ou *spaat*, pour en rappeler la direction ; il dira par exemple le *Frischgluckstehende*, le *Laura-flache*, le *Gottlob morgengang*, le *Halsbruckner spaat*.

Les désignations anglaises et françaises analogues sont beaucoup plus simples et plus claires ; le mineur du Corn-

wall parle de filons h. 12, filons h. 3 (*twelve o'clock veins*, *three o'clock veins*), etc. ; le mineur français de filons septentrionaux, méridionaux, orientaux et occidentaux ou de filons du nord, du midi, du levant et du couchant (1).

Lorsque les directions dominantes sont peu nombreuses ou lorsqu'il n'y en a qu'une seule, la nécessité de dénominations spéciales disparaît.

Les systèmes où dominant deux directions sont très nombreux. On peut citer les filons de minerais d'argent de Joachimsthal (Bohême), d'Andreasberg (Haritz), de Hiendelaencina (Espagne), les filons aurifères de Kapnik dans le

(1) Les expressions de *filons du nord*, *du midi*, etc. s'emploient plus souvent pour désigner les filons situés aux extrémités nord ou sud du champ de filons, quelle que soit d'ailleurs leur direction. On dira plutôt, pour indiquer la direction approximative, *filons nord-sud*, *filons est-ouest*, etc. ou, mieux encore, on classera les filons suivant les heures de la boussole. (*Note du traducteur*).

Siebenbürgen, les filons cuivreux de Burra-burra dans l'Australie méridionale, etc. On pourrait diviser ces systèmes suivant que les deux directions dominantes sont rectangulaires ou font entre elles des angles aigus.

On arrive ainsi aux *filons parallèles* (fig. 28), caractérisés par la prédominance d'une direction unique. Citons les



Fig. 28. — Filons parallèles.

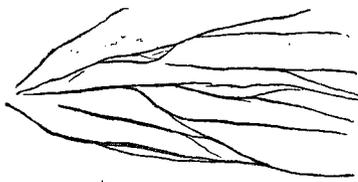


Fig. 29. — Filons rayonnants.

filons de quartz aurifère de Californie, orientés h. 12, parallèlement à l'axe du système des montagnes de Californie, les filons de Kongsberg, orientés h. 6, ceux de Nagybanya, orientés h. 2-3, etc.

Les filons *rayonnants* (fig. 29), qui sont reliés aux deux premiers groupes par d'innombrables passages, sont caractérisés par ce fait qu'ils forment des faisceaux ou des rayons divergents d'un même centre. On en trouve un bel exemple dans l'Oberhartz, où les filons divergent d'un point dans trois directions, dont deux particulièrement accusées.

Un ensemble de filons parallèles en direction et se poursuivant sur une grande longueur forme ce que nous appellerons un *système de filons*. Les filons réticulés, les filons parallèles et les filons rayonnants peuvent être groupés de manière à constituer des systèmes, qui se coupent lorsqu'il s'agit de filons réticulés. Le meilleur exemple que l'on puisse en citer est celui de Freiberg (1), où v. Beust a distingué trois systèmes, orientés h. 3, h. 9 et h. 12, qui se coupent réciproquement.

(1) v. Beust. *Erläuterungen zur Gangkarte der Freiburger Beigreviere*, Leipzig, 1842.

Les filons parallèles rapprochés les uns des autres et continus sur une grande étendue forment naturellement des systèmes de filons. Exemple : les filons de quartz aurifère de Californie, parallèles à l'arête des chaînes de montagnes voisines. Pour les filons rayonnants, on désigne habituellement, dans l'Oberhartz par exemple, sous le nom de système de filons (*gangzug*), l'ensemble d'un filon important, de grande longueur et des filons secondaires qui l'accompagnent et l'on donne alors à cet ensemble un nom spécial, comme *système du Lautenthal-Hahnenkleer*, *système du Rosenhof*, etc.

De même que l'on rencontre toutes les directions possibles, on peut observer toutes les inclinaisons. Celles comprises entre 70° et 80° sont les plus fréquentes, sans exclusion ni celles supérieures à 80° , ni celles inférieures à 70° . Les filons très couchés ou même horizontaux sont très rares.

Le mineur saxon a donné aux différents groupes d'inclinaisons des noms spéciaux, que l'on peut traduire par les dénominations indiquées figure 30. Ces dénominations s'emploient rarement ; les plus usitées sont celles de filons verticaux et filons couchés ; la première est habituellement réservée aux filons dont le pendage est très voisin de 90° ou égal à 90° .

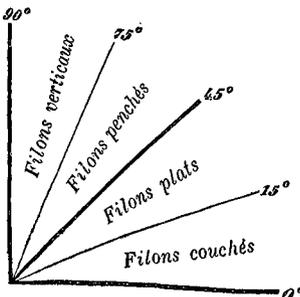


Fig. 30.

On pourrait classer les filons d'après leur allure en inclinaison, comme nous les avons classés d'après leur allure en direction, en filons réticulés, parallèles ou rayonnants. Mais cette classification aurait peu de portée parce que les filons sont beaucoup moins connus en profondeur qu'en direction et, dès lors, il vaut mieux la réserver, au moins en règle générale, pour caractériser l'allure des filons en direction.

A raison de la forte inclinaison de presque tous les filons, la plupart des filons parallèles semblent être tels aussi suivant la pente, surtout lorsqu'ils sont éloignés les uns des autres. Il en est de même des filons rayonnants, même dans le cas d'une divergence prononcée.

Lorsque des filons parallèles ou des filons rayonnants, de pendages différents, sont peu écartés les uns des autres, les profils en travers de ces filons donnent des figures qui rappellent celle d'un éventail; on peut citer comme exemples les filons de Kremnitz, figure 71, que Windakiewicz compare à un éventail ouvert vers le haut, ceux de Felsobanya, de Dobschau et d'autres. Dans les filons réticulés, l'aspect des profils en travers varie beaucoup avec l'orientation du profil. Ce n'est que lorsque ces filons sont très rapprochés les uns des autres que les profils en travers représentent aussi un réseau et cet aspect réticulé peut aussi se produire avec des filons parallèles ou rayonnants.

On distingue quelquefois les filons en *filons à pendage normal* et *filons à pendage inverse*, mais cette distinction a peu d'importance. Dans l'Oberhartz, on appelle pendage normal celui vers le sud, qui est le plus ordinaire, pendage inverse celui d'un filon qui plonge exceptionnellement vers le nord. En Saxe et dans certaines parties de l'Autriche, un pendage est dit normal, lorsqu'il est parallèle à celui de la montagne, inverse, lorsque le filon plonge vers l'intérieur de la montagne où il affleure.

Les écarts de direction et d'inclinaison, si fréquents dans les filons, sont désignés par quelques expressions spéciales. Un filon qui change de direction *tourne*; celui qui change d'inclinaison *se dresse* ou *se couche*. Celui qui dévie brusquement d'un côté, puis de l'autre, de manière à se retrouver sur le prolongement de la partie qui précède la déviation *fait le dos d'âne*, *fait le crochet*, etc.

L'étendue d'un filon dans le sens de la direction s'appelle souvent sa *longueur*, celle dans le sens de l'inclinaison

son sa *profondeur*. Ces dimensions varient entre des limites étendues et sont difficiles à indiquer exactement pour les filons considérables, parce que trop souvent les filons cessent d'être minéralisés et deviennent stériles bien avant de disparaître. On peut alors en suivre encore les affleurements, mais toute recherche en profondeur devient irréalisable. Nos connaissances sur les dimensions des filons dépendent en conséquence, presque toujours, entièrement de l'extension des travaux souterrains. Ce n'est que dans des cas très rares que l'on a réellement atteint, sans doute possible, la fin d'un filon important ; l'aspect de la roche permet presque toujours de soupçonner que le filon se continue au delà des derniers travaux.

Les dimensions des petits filons peuvent être inférieures à un mètre ; celles des grands dépasser un myriamètre. Bornons-nous à citer ici quelques-uns des filons reconnus sur de grandes longueurs, pour donner une idée des plus grandes dimensions. Le filon *Spitaler*, près de Schemnitz (Hongrie) est connu sur 8,000 mètres de longueur. Le filon le plus long de l'Oberhartz, dirigé sur h. 7 et désigné successivement sous les noms de filon de *Rosenhof*, de *Rosenbüsch* et de *Schulthal* peut se suivre sur 16,357 mètres. Le principal filon de quartz aurifère de Californie, appelé *mother lode* paraît s'étendre, avec quelques solutions de continuité sur 112.652 mètres (70 milles anglais) : c'est sans doute le plus long des filons connus.

La plus grande profondeur atteinte jusqu'à ce jour est celle de 1000 mètres au puits *Adalbert*, à Przibram (Bohême). Le puits du filon *Samson*, à Andreasberg, a 787 mètres de profondeur. Il est certain qu'à ces profondeurs on n'a pas encore atteint la limite inférieure des filons. L'observation avait conduit les anciens mineurs à dire, en employant une locution plus poétique qu'exacte, que les filons descendent dans les profondeurs éternelles. Cette expression n'est à coup sûr pas justifiée lorsqu'il s'a-

git de petits filons. Ceux d'entre eux qui disparaissent près de la surface sont désignés en allemand par la dénomination de *rasenläufer* (coureurs de gazon), autre locution ancienne formant opposition avec celle, indiquée tout à l'heure, de filons plongeant dans les profondeurs éternelles.

Il y a aussi, comme l'établit Grimm (1), des filons qui ne s'élèvent pas jusqu'au jour : « C'est surtout dans les diabases et les trachytes du Siebenburgen que l'on rencontre ce phénomène. A Nagyag, par exemple, beaucoup de filons parallèles ne descendent qu'à une profondeur déterminée et disparaissent ensuite, faisant place à d'autres filons, également parallèles entre eux, mais de direction entièrement différente, parfois perpendiculaire à la première, qui ne s'élèvent pas en hauteur et n'arrivent pas au jour. Ce sont d'ordinaire des joints de séparation plus ou moins ouverts, remplis de minéraux métallifères et autres. On y trouve aussi des filons qui n'arrivent pas au jour, ne descendent pas en profondeur et n'ont en direction qu'une étendue relativement faible, qui par suite sont entièrement compris à l'intérieur de la roche. L'exploitation des mines de Nagyag en a déjà fait découvrir un grand nombre. »

La description précédente montre de la manière la plus claire que les filons en question sont de la catégorie de ceux que nous avons appelés des veines.

24. La *puissance des filons* se mesure par la distance des deux salbandes. La séparation du remplissage et de la roche encaissante, la salbande, est très nette ou du moins facile à déterminer avec une précision suffisante dans les filons simples.

Les *salbandes* ont des constitutions très variables. Elles peuvent être des fentes non remplies, béantes, ou des

(1) *Die Lagerstätten der nutzbarer Mineralien*, 1869, p. 103.

bandes minces d'argile, de schiste argileux décomposé, etc. On peut aussi trouver aux salbandes les minéraux du remplissage incrustés dans la roche, soit avec des surfaces planes et lisses, soit avec des surfaces absolument irrégulières. Lorsque les salbandes manquent entièrement ou qu'il n'y en a qu'une et que le remplissage, en se ramifiant, passe graduellement à la roche encaissante, on a affaire à un filon composé dont on ne peut plus déterminer la puissance (p. 44).

Nous avons dit précédemment que la puissance des filons varie depuis quelques centimètres jusqu'à 40 mètres et plus et que les grandes puissances ne se trouvent que dans les filons composés. Ajoutons que la puissance proprement dite du filon peut descendre jusqu'à un minimum tel, qu'il ne soit plus qu'une cassure aussi mince qu'une feuille de papier, naturellement sans minerai, mais pouvant être accompagnée d'épentes minéralisées. Le mineur autrichien les appelle alors des *feuilletts* (Raibl, en Carinthie, Rathhausberg, près de Gastein, etc.). D'une manière générale, la minéralisation des épentes est fréquente et alors la détermination des limites du filon devient incertaine.

Les variations de puissance sont très habituelles dans tous les filons. Lorsqu'un filon diminue progressivement

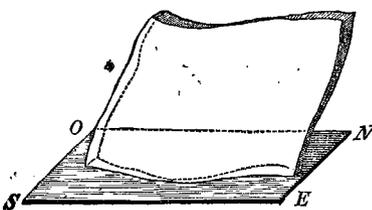


Fig. 31. — Serrée.

d'épaisseur jusqu'à se réduire à une simple fente ou jusqu'à disparaître entièrement, le mineur dit qu'il est *en serrée* ou qu'il *se termine en coin*; le même phénomène, en sens inverse, s'appelle un *élargissement* ou une *réouverture*. C'est habituellement en coin, tant en direction qu'en inclinaison, que les filons paraissent se terminer. Mais une expérience mille fois

répétée montre qu'à une serrée succède un élargissement et défend absolument de regarder une terminaison en coin comme une terminaison réelle du filon. Lorsque les serrées et les élargissements se succèdent à courte distance, horizontalement et suivant la pente, les filons sont appelés *lenticulaires* et leur allure est dite *allure en chapelet* (fig. 47).

Lorsqu'un filon s'élargit soit brusquement, soit graduellement, de manière à atteindre en un point une puissance exceptionnelle, la partie ainsi élargie est souvent désignée sous le nom d'*amas* ou d'*amas droit*, par opposition aux élargissements des amas stratifiés, que l'on appelle amas couchés (p. 33).

25. *Ramifications des filons.* — Rien n'est plus propre à montrer que les filons doivent leur origine à des cassures, que les ramifications qu'ils présentent. Un filon se ramifie lorsqu'il se divise en plusieurs filons plus petits, en veines divergentes qui se poursuivent plus ou moins loin et disparaissent ensuite en se terminant en coin, phénomène qui est aussi appelé *éparpillement* du filon (fig. 32).

Les ramifications sont fréquentes au passage des filons d'une roche dans une autre dont la cohésion n'est pas la même. C'est ainsi, pour n'en donner qu'un exemple, que les filons du *Spitzenberg*, près de Silberberg (Silésie) (1), se ramifient et deviennent stériles dès qu'ils passent des gneiss aux grauwackes

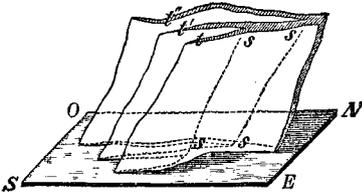


Fig. 32. — Ramification.

qui les recouvrent. Mais on trouve aussi des ramifications sans que la roche encaissante ait changé. Gaetschmann (2),

(1) Förster. *Neues Jahrb. f. Miner.* 1865, p. 273.

(2) *Auf un' Untersuchung d. Lagerstätten*, 1856, p. 90.

parlant des filons stannifères qui traversent les schistes cristallins du *Sauberg*, près d'Ehrenfriedersdorf, en Saxe, dit que vers les affleurements ils se ramifient comme une gerbe en un grand nombre de veines isolées.

Nous appelons *veine* tout petit filon qui se détache d'un filon plus grand ou l'accompagne d'une manière quelconque. Les expressions de *veine du toit*, *veine du mur*, *veine principale*, *veine latérale* se comprennent dès lors d'elles-mêmes. Les lignes suivant lesquelles les veines se détachent des filons (*ss* dans la figure 32) occupent dans l'espace des positions qui varient beaucoup selon le pendage et la direction du plan du filon et de celui de la veine. Ces lignes ne sont verticales que si les deux plans sont verticaux; dans tous les autres cas, elles sont inclinées, ont un certain *ennoyage* : on voit par exemple dans la figure 32 que l'intersection *ss* des filons *t'* et *t''* plonge vers le sud-ouest. Les points où les galeries de mines rencontrent ces intersections s'appellent des points de division.

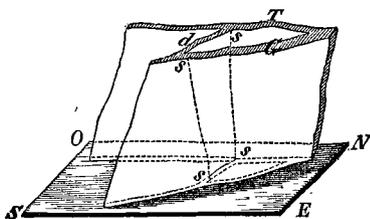


Fig. 33. — Ramification diagonale.

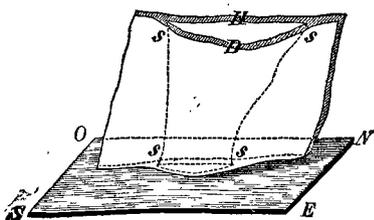


Fig. 34. — Ramification arquée.

On distingue les veines en veines diagonales, veines arquées et veines parallèles.

Dans les *ramifications diagonales*, une veine relie deux filons parallèles ou obliques, en faisant avec eux des angles aigus et obtus (fig. 33). Dans une *ramification arquée*, une veine s'écarte d'un filon sous un angle aigu, décrit un arc et vient de nouveau se réunir au filon sous un angle aigu (fig. 34). Les intersections forment alors deux lignes

convergentes ou divergentes et les points de division sont à des distances variables aux différents niveaux.

Les ramifications diagonales et arquées sont fréquentes dans les filons de l'Oberhartz. On exploite au puits *Herzog Georg Wilhelm*, près de Clausthal, une veine diagonale très riche qui relie le *Burgstaedter Hauptgang* au *Kranicher Gang*. Une ramification arquée, également très riche, au mur du *Bockswieser Hauptgang*, près de Bockswiese, se montre entre les puits *Johann Friedrich* et *Herzog August* et s'élargit de plus en plus en profondeur.

Les *veines parallèles* sont de petites veines qui courent parallèlement à un filon principal et qui, par suite, ne le rencontrent pas. Leur longueur est peu considérable; lorsqu'elles se terminent en coin, d'autres les remplacent dans la même direction. Ces veines parallèles sont très fréquentes dans les filons de Freiberg; Gaetschmann cite particulièrement celles du filon *Neue Hoffnung-flache*, au puits de *Himmelfahrt*.

Rencontres des filons. — Les filons peuvent se rencontrer suivant quatre modes différents que nous désignerons par les mots de rencontre simple, croisement, déviation et rejet.

26. *Rencontres*. — Deux filons *se rencontrent* lorsqu'ils se réunissent sous un angle aigu et continuent ensuite

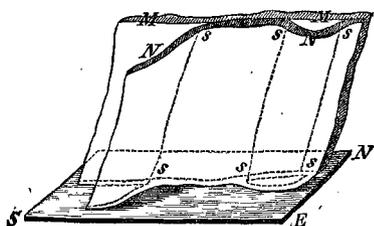


Fig. 35. — Rencontre de deux filons qui se traînent.

côte à côte (fig. 35). Si la rencontre est suivie d'une séparation, celle-ci s'appelle une *bifurcation*. Les deux mots s'appliquent donc à un phénomène unique: l'observateur emploie l'un ou l'autre suivant qu'il chemine dans un sens

ou dans l'autre. L'ensemble d'une bifurcation et d'une rencontre formé une ramification arquée. Les jonctions d'un filon avec des veines sont aussi des rencontres.

La rencontre est le mode habituel de réunion des filons rayonnants ; elle se trouve dans les filons parallèles quand ils sont réunis par des veines ; elle est rare dans les filons réticulés.

Lorsque deux filons importants se rencontrent, le coin de roche compris entre eux est ordinairement traversé, près de l'intersection, par un grand nombre de veines. L'Oberhartz, où il n'y a presque que des rencontres, en fournit d'excellents exemples. Souvent les remplissages des deux filons réunis ne se distinguent plus : ils sont comme fondus l'un dans l'autre.

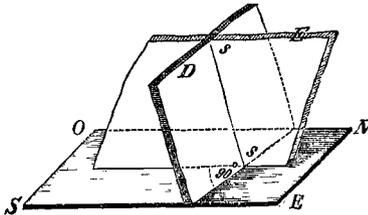


Fig. 36. — Croisement orthogonal.

Lorsque les deux remplissages restent distincts et sont simplement juxtaposés, on dit qu'on a affaire à un filon *double*. Des filons *se traînent* lorsqu'ils ne restent réunis que sur une faible longueur et se séparent ensuite de nouveau (fig. 35).

27. *Croisements*. — Lorsque deux filons se coupent sans que leur direction soit altérée, on dit qu'ils *se croisent*. Le croisement est *orthogonal* (fig. 36), si les deux directions font entre elles un angle droit, *oblique* si l'angle des deux directions est aigu, *isogonal* si les deux filons sont parallèles ; ils ne peuvent alors se croiser qu'à la condition d'avoir des inclinaisons différentes (fig. 38).

Les croisements sont particulièrement abondants dans les filons réticulés, ils sont plus rares dans les filons parallèles ou rayonnants.

Les remplissages de filons qui se croisent servent à en déterminer l'âge relatif lorsqu'ils présentent des différences appréciables. On voit dans les figures 36 à 38 que le filon E est le plus ancien, D le plus récent : celui-ci s'appelle le *croiseur*, le premier le *croisé*. Si les deux remplissages

sont semblables, s'ils se fondent l'un dans l'autre, on doit en conclure que les deux filons ont été ouverts avant leur minéralisation commune. Kuhn (1) en donne un excellent exemple (fig. 39). « Le filon *Karl Morgengang* et le *Ludwig Stehende* au puits de *Habacht*, ayant tous deux de 1^m.05 à 1^m.57 de puissance moyenne, se confondent de telle sorte que la zone extérieure quartzreuse *q* du remplissage, ainsi que la zone *r* de calcite rosée se poursuivent sans interruption de l'un à l'autre; la troisième zone *o*, formée d'un mélange de calcite rosée, de blende noire argentifère et de galène argentifère, enveloppe au croisement une cavité en forme de géode, de 1^m.83 à 2^m.35 de longueur. »

28. *Déviation* (2). — A la traversée d'un filon par un autre filon ou par une faille, on observe très fréquemment une *dévi*ation consistant en ce que le filon croiseur, rencontrant le croisé, s'y traîne pendant quelque

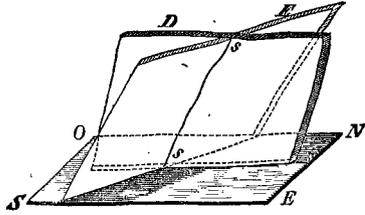


Fig. 37. — Croisement oblique.

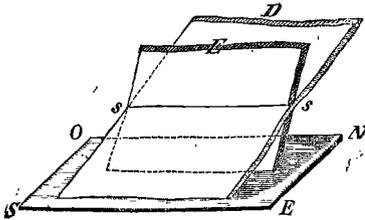


Fig. 38. — Croisement isogonal.

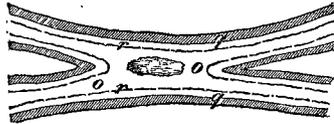


Fig. 39. — Croisement oblique d'après Kühn.

(1) K. A. Kühn. *Handbuch der Geognosie*, Freiberg, 1836, t. II, p. 604.

(2) W. Fuchs. *Beiträge zur Lehre von den Erzlagertstätten*, Vienne, 1856, p. 78-80. — J. Grimm. *Berg. und Hüttenm. Jahrb. der k. k. Montan-Lehranstalt*, 1856, t. V, p. 153 et 154 et *Oestr. Zeitschr. f. Berg und Hüttenw.*, 1866, p. 121. — H. Credner. *Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft*, t. XVII, 1865, p. 216. — Babanek. *Oestr. Zeitschrift f. Berg und Hüttenwesen*, 1871, p. 348.

temps avant de le traverser (*fig. 40 et 41*), ou en ce que la matière du croiseur A remplit des veines à l'intérieur du croisé B (*fig. 42*).

La déviation est souvent accompagnée d'une solution

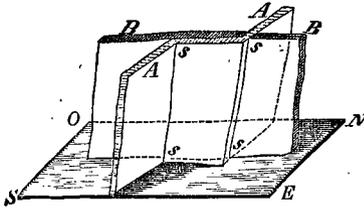


Fig. 40. — Déviation avec trainage.

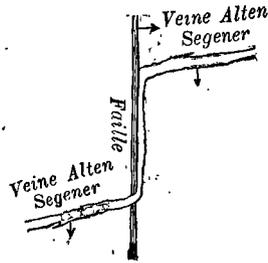


Fig. 41. — Plan d'une déviation par une faille.

complète de continuité du filon dévié: on se figure alors aisément que le filon dévié A est rejeté par celui qui l'a dévié B; on reconnaît qu'il en est autrement lorsque les deux parties séparées, rapprochées l'une de l'autre par la pensée, ne se correspondent pas du tout (*fig. 43, 45 et 46*),

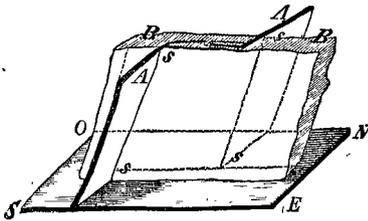


Fig. 42. — Déviation.

comme elles le feraient, abstraction faite des irrégularités produites par les fractures mécaniques, si l'on avait affaire à un phénomène de rejet.

Très habituellement, le filon dévié A n'est ramifié que d'un des côtés du filon déviant B, circonstance qui exclue l'hypothèse d'un rejet. Si les ramifications se trouvent des deux côtés, les veines ne se correspondent pas. Un cas très intéressant est celui où les filons sont tous deux déviés (*fig. 46*) et où l'on ne peut non plus parler de rejet.

Les déviations que nous venons de décrire s'observent souvent sur des échantillons de roches traversés par des

veinules de quartz et de calcite. Si quelque chose peut prouver que la formation des veines et celle des filons sont dues à une cause commune, les cassures mécaniques de la roche, c'est ce fait que les déviations des grands filons sont

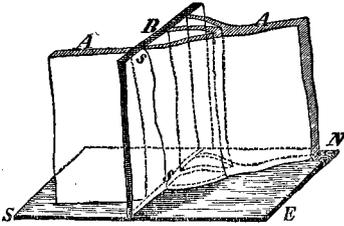


Fig. 43. — Déviation avec ramification.



Fig. 44. — Plan d'une déviation à Andreasberg, d'après Zimmermann.

en quelque sorte copiées à petite échelle dans celles des veinules.

Grimm a observé et décrit des déviations de filons à

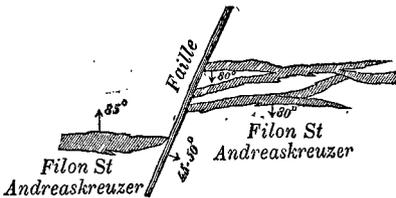


Fig. 45. — Plan. — Déviation à Andreasberg, d'après Zimmermann.

Nagyag, Offenbanya, Vöröspatak, dans le Siebenburgen, à Przibram en Bohême; Credner a décrit celles d'Andreasberg dans le Hartz; on en trouverait sans doute partout où il

y a des filons et des veines.

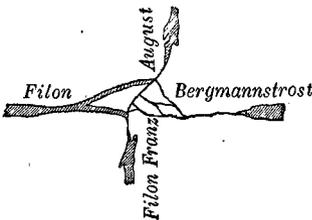


Fig. 46. — Déviation double à Andreasberg, d'après Credner.

La déviation d'un filon est le résultat de la formation même de la fente. Le filon déviant B (fig. 40-43) est le plus ancien; il existait, soit vide, soit avec un remplissage de roches ou de minéraux, lorsque la fente déviée A s'est ouverte.

La force qui a produit les fentes, agissant dans

une direction déterminée, cherchant constamment les surfaces de moindre résistance, a trouvé un obstacle au moment où la fente qu'elle produisait a atteint le filon préexistant; la fente s'est alors déviée le long de ce filon et n'a repris la direction primitive qu'au point où elle a pu en vaincre la résistance. La déviation est donc une modification de la direction causée par un changement de la cohésion dans une roche non fissurée.

Si cette explication est exacte, on reconnaîtra qu'il est impossible de tracer une règle pour le *passage des déviations*, parce que les changements dans les conditions de résistance des roches ne peuvent se déterminer à l'avance. La seule indication est souvent donnée par de petites veines qui courent dans le filon déviant B ou le long de ce filon et réunissent les parties déviées (*fig. 42*).

29. *Rejets*: (1). — Nous avons longuement montré plus haut (n° 21) que les filons ont souvent rejeté leur roche encaissante. Si cette roche encaissante contenait un autre filon, celui-ci a naturellement participé au déplacement. Le phénomène ressemble beaucoup en apparence à celui de la déviation, avec lequel il a constamment été confondu autrefois. Schmidt et Zimmermann, les fondateurs de la théorie des rejets, ont pris toutes les déviations pour des rejets. Au point de vue de la position relative des deux filons, le croiseur qui produit un rejet correspond au filon déviant, le filon rejeté au filon dévié. Mais, tandis que le croiseur est le plus récent, dans les déviations c'est au contraire le filon dévié qui est le plus récent.

Les rejets des filons ne diffèrent pas de ceux des couches (n° 16). Tout ce qui a été dit sur ceux-ci s'applique sans modification à ceux-là, pourvu qu'on identifie le croiseur

(1) Schmidt. *Theorie d. Verschiebungen älterer Gänge*, Frankfurt, 1810.
— Zimmermann. *Die Wiederausrichtung verworfener Gänge, Lager und Flötze*. Darmstadt und Leipzig, 1828.

avec la faille, le filon rejeté avec la couche, au point de vue de leur allure. On arrive dès lors à établir la règle suivante, pour le cas où le mouvement a consisté dans un glissement descendant du toit du croiseur sur son mur suivant la ligne de pente : *Si l'on atteint le croiseur (ou la faille) par son toit, on doit, après l'avoir traversé, se diriger du côté du toit du filon que l'on vient de perdre; si au contraire on atteint le croiseur (ou la faille) par son mur, on cherchera du côté du mur du filon que l'on vient de perdre*, ce que l'on peut encore exprimer par la formule mnémonique :

Croiseur par toit, filon au toit; croiseur par mur, filon au mur.

La règle doit être renversée dans le cas d'un rejet à angle de faille obtus.

Zimmermann a donné pour le passage des rejets une règle qui revient au fond à la précédente et qui a l'avantage de supprimer l'exception du cas où l'angle de faille est obtus. Nous renverrons pour cette règle à son ouvrage.

Les deux règles doivent être renversées pour les rejets anormaux où le toit du croiseur ou de la faille est remonté sur son mur. Le seul indice du sens du mouvement se trouve dans les inflexions des parties de filons rejetées ou des strates du terrain encaissant (V. p. 30).

Lors donc qu'un filon disparaît à la rencontre d'un autre filon ou d'une faille, on peut être en présence d'une déviation ou d'un rejet. Les déviations sont généralement accompagnées de fortes ramifications et l'on peut trouver souvent un lien établi par de fines veinules, dans l'intérieur du filon déviant, entre les deux parties séparées par la déviation (*fig. 42*). Dans les rejets, on observe des inflexions des couches du terrain encaissant et souvent des surfaces de frottement (miroirs) qui sont des témoins du mouvement de glissement.

Il nous reste à faire remarquer que la formation de cavités peut être une conséquence du rejet, lorsque les parois de la cassure ou du filon sont ondulées au lieu d'être entièrement planes et que le glissement a amené les parties convexes les unes en face des autres (fig. 47).



Fig. 47.

En se remplissant, les vides ainsi produits deviennent des filons lenticulaires ou en chapelet (V. p. 57).

AMAS, POUCHES, MOUCHES

30. Les *amas*, les *pouches*, les *mouches* appartiennent, comme nous l'avons dit plus haut, aux gîtes irréguliers. Ils ne peuvent guère être caractérisés d'une manière générale; ils ne diffèrent entre eux que par leurs dimensions. Les *amas* ont les plus grandes dimensions, les *pouches* des dimensions moyennes et les *mouches* les dimensions les plus faibles; on ne peut établir de limites absolues entre ces trois groupes.

Tandis que les gîtes réguliers en forme de plateau, les *couches*, les *amas stratifiés* et les *filons*, forment, par leurs allures, par leurs relations avec la roche encaissante et par l'ensemble de leurs propriétés, des groupes bien caractérisés d'individus géologiques, on ne peut en dire autant des *amas*, *pouches* et *mouches*, dont le seul caractère est l'irrégularité de la forme. Mais l'irrégularité même, qui caractérise les gîtes massifs, les remplissages de grottes et les

gites métamorphiques, n'est pas rare non plus dans les filons et les gites stratifiés. Des amas stratifiés peuvent, en prenant des formes irrégulières et de grandes dimensions, passer à des amas couchés; les couches peuvent être brisées et formées de fragments remplissant des poches. Nous ne parlerons plus, dans ce qui va suivre, des modifications en forme d'amas des gites stratifiés, mais seulement des formes irrégulières appartenant aux autres variétés de gites.

a). — AMAS.

Les dimensions des *amas* atteignent 10, 50, même 100 mètres et plus; leur forme éminemment irrégulière rend difficile de les décrire et ne peut bien se comprendre qu'au moyen de représentations graphiques bien choisies. Lorsqu'une des dimensions peut être appelée la puissance, elle est toujours considérable comparativement à la longueur et à la profondeur.

Les élargissements irréguliers, les gonflements des filons donnent lieu à des amas filoniens ou debout. Nous avons vu aussi, page 13, que les matières minérales contenues dans les roches éruptives peuvent se concentrer par places de manière à former des amas. Les dimensions de diverses roches remplies de magnétite qui y affecte les formes les plus variées sont telles qu'au *Taberg*, par exemple, près Jönköping (Suède), à Gora-Blagodot, Katschkanar et Wissokaja-Gora, dans l'Oural, on parle de montagnes de magnétite. On trouve aussi dans les roches éruptives des amas de pyrite : on peut citer un amas de pyrite magnétique affectant grossièrement la forme d'une poire, avec beaucoup de ramifications, qui est compris dans les gabbros de la Balma, près de Locarno, dans le val Sesia : cet amas a 30 mètres de longueur et une largeur de 5 à 10 mètres.

Les remplissages de grottes et les gîtes métamorphiques forment très souvent des amas. On en trouve de bons exemples dans les gîtes d'hématite brune des calcaires dolomitiques du zechstein allemand, parmi lesquels ceux des mines *Stahlberg* et *Mommel*, près de Schmalkalden, méritent une attention particulière, et dans les gîtes de calamine intercalés dans les calcaires des formations les plus variées. L'amas de calamine de la Vieille-Montagne, près de Moresnet, aux environs d'Aix-la-Chapelle, a des formes très irrégulières et atteint 260 mètres de longueur, 65 mètres de largeur et de profondeur (V. *fig.* 79).

Les *stockwercks* ou *amas entrelacés* sont une catégorie particulière d'amas. On désigne sous ce nom des amas de roches éruptives, granite, porphyre, etc., traversés par un si grand nombre de filons métallifères rapprochés et en outre si complètement imprégnés de minéral à côté de ces filons, que l'on ne peut exploiter séparément les filons et leurs épontes minéralisées et qu'on est obligé d'abattre la roche en entier ou tout au moins en grande partie. Les types de stockwercks sont les amas stannifères de l'Erzgebirg saxon, de Bohême et du Cornwall. Le stockwerck stannifère d'Altenberg, dans l'Erzgebirg, a 900 mètres de longueur et de largeur; celui de Zinnwald, dans la même chaîne, a 1360 mètres de longueur et 480 mètres de largeur; celui de *Hubertus*, près de Schlaggenwald, en Bohême, a 120 mètres de profondeur et un circuit de 600 mètres. Au contact des amas avec leur roche encaissante, contact souvent peu net, on trouve parfois des roches particulières d'aspect spécial, des schistes talqueux et chloriteux, des conglomérats de produits de frottements, qui correspondent plus ou moins aux salbandes des filons et que le mineur saxon désigne sous le nom de *stockscheider*.

b). — POCHEs.

Les *poches* sont des amas de petites dimensions.

On peut indiquer comme types de poches les grottes remplies d'hématite brune dans des calcaires, par exemple celles de l'*Iberg*, près de Grund, dans l'Oberhartz; d'autres grottes en forme d'entonnoirs ou de puits, ouvertes au jour dans les calcaires et remplies de minerais pisolithiques, de minerais de manganèse, etc.

c). — MOUCHES.

Toutes les très petites masses de minéral isolées et disséminées, quelle que soit leur forme, s'appellent des *mouches* : on en trouve à l'état d'inclusions dans toutes les roches, aux surfaces de séparation de deux roches, comme dépôts superficiels, etc., etc. Le mot de mouche n'indique pas seulement une forme particulière de gîte; il s'emploie aussi pour désigner un mode spécial d'association des minéraux (n° 43) et une classe déterminée de minerais (n° 49).

DEUXIÈME PARTIE

LE REMPLISSAGE DES GITES MÉTALLIFÈRES

MINÉRAUX ET ROCHES CONSTITUTIFS DU REMPLISSAGE

Les gîtes métallifères dont nous avons fait connaître les allures dans la première partie sont remplis de minéraux et de roches formant les mélanges les plus variés. Très peu d'entre eux contiennent exclusivement des minéraux ou des minerais ; le remplissage est presque toujours infiniment plus complexe.

Les minerais, au sens minéralogique du mot (p. 1), en sont les éléments caractéristiques. Les gîtes de peu d'étendue sont les seuls qui les contiennent, soit purs, soit mélangés avec des substances non métallifères, avec une continuité suffisante pour permettre l'exploitation du remplissage entier ; ordinairement les *parties riches*, minéralisées, et les *parties pauvres* ou *stériles*, alternent les unes avec les autres.

31. *Minerais et autres minéraux.* — Presque tous les minéraux connus, à peu d'exceptions près, se trouvent dans les gîtes métallifères. Mais, si complexe que puisse être la composition minéralogique du remplissage, il est aisé de distinguer un petit nombre d'espèces minérales qui seules y jouent un rôle important et donnent aux gîtes un faciès caractéristique. Pour citer ces minéraux essentiels, il convient de séparer les minerais des minéraux, en rangeant les premiers d'après le métal qu'ils contiennent.

LISTE

DES MINÉRAUX ESSENTIELS DES GITES MÉTALLIFÈRES

I. — MINÉRAUX MÉTALLIFÈRES

1. *Minerais d'or*. — L'or natif et quelques combinaisons de l'or et du tellure, comme la sylvanite, la nagyagite; puis quelques pyrites plus ou moins aurifères, la pyrite de fer, la pyrite de cuivre, la pyrite arsenicale.

2. *Minerais de platine*. — Le platine natif, accompagné des métaux de la famille du platine, l'iridosmine, le palladium, le rhodium, etc.

3. *Minerais d'argent*. — L'argent natif, le discrase (argent antimonié), la kërargyrite (chlorure d'argent), l'argyrose (sulfure d'argent), l'argent rouge, le psaturose ou stéphanite, la polybasite, le cuivre gris argentifère et la galène plus ou moins argentifère.

4. *Minerais de cuivre*. — Le cuivre natif, la cuprite, la crednérite, l'azurite, la malachite, l'atacamite, la chalcosine, la phillipsite, la chalcopyrite, le cuivre gris, l'énergite.

5. *Minerais de plomb*. — La galène, la bournonite, la céruse, l'anglésite, la pyromorphite, le mimétèse, la mélinose ou wulfénite.

6. *Minerais de zinc*. — La blende, la smithsonite, la calamine proprement dite, la willémitte, la spartalite (oxyde de zinc). La smithsonite, la calamine proprement dite et la willémitte, isolées ou mélangées, sont habituellement désignées par le nom de *calamine*.

7. *Minerais de cobalt*. — La smaltine, la cobaltine, l'érythrine, le mispickel cobaltifère.

8. *Minerais de nickel*. — La nickéline (kupfernickel), la disomose (arséniosulfure de nickel), la chloanthite, la millérite, l'annabergite, la pyrrhotine nickélicifère.

9. *Minerais de bismuth.* — Le bismuth natif et la bismuthine.

10. *Minerais d'antimoine.* — La stibine, l'antimoine natif et la sénarmontite.

11. *Minerais d'arsenic.* — L'arsenic natif, le mispickel et ses variétés, le réalgar et l'orpiment.

12. *Minerais d'étain.* — La cassitérite.

13. *Minerais de mercure.* — Le cinabre, le mercure natif et le calomel.

14. *Minerais de fer.* — La magnétite, le fer oligiste et l'hématite rouge, l'hématite brune et la sidérose.

15. *Minerais de manganèse.* — La pyrolusite, l'acérodèse, la psilomélane, la hausmannite, la braunite, le wad.

II. — MINÉRAUX NON MÉTALLIFÈRES

Toutes les variétés de quartz : cristal de roche, améthyste, quartz commun, cornéenne, etc...

Calcite, dolomie, breunérite, diallogite, barytine, gypse, fluorine, feldspath, mica, augite, hornblende, grenat, etc...

Tous les minéraux non métalliques du remplissage sont désignés sous le nom de *gangues*.

Il est aussi impossible dans la théorie des gîtes métallifères que dans la pétrographie d'établir une division nette des minéraux en minéraux essentiels et minéraux accidentels. On pourrait dès lors ajouter beaucoup de noms à la liste ci-dessus qui comprend cependant les minéraux les plus importants et les plus répandus. Mais on serait ainsi conduit à dresser une liste complète de tous les minéraux trouvés dans les gîtes métallifères, ce qui n'est pas notre objet.

Ceux que nous avons cités forment entre eux les mélanges les plus variés, mais ils sont habituellement répartis en

combinaisons absolument caractéristiques dont nous parlerons dans la troisième partie (V. n° 127).

32. *Roches.* — A côté des minéraux, les roches jouent dans le remplissage des filons un rôle prédominant; elles en forment dans beaucoup de cas la masse principale; les minéraux métallifères leur sont subordonnés et n'attirent l'attention du mineur qu'à raison de la valeur des métaux qu'ils renferment.

La couche de schiste cuivreux du Mansfeld est une marne schisteuse et bitumineuse avec fines inclusions presque pulvérulentes de pyrites et de sulfures qui ne donnent à la roche qu'une teneur de 2 à 3 p. 100 de cuivre, avec un peu d'argent. Le porphyre du stockwerck d'Altenberg (*zwittergestein* des mineurs saxons) est une hyalomictite formée de quartz et de mica, avec des inclusions de cassitérite si petites que sa teneur en étain n'est que de 1/2 à 1/3 p. 100 en moyenne.

Les gangues pierreuses des filons sont habituellement des débris de la roche encaissante, mécaniquement ou chimiquement modifiés; rarement elles ont été amenées de loin (V. n° 151). Dans les filons simples, elles se trouvent sous forme de fragments isolés; dans les filons composés, elles constituent la masse principale du remplissage. La nature de ces gangues pierreuses et généralement celle de toutes les roches qui accompagnent les minerais et que le mineur rejette comme stériles attirent souvent trop peu l'attention, malgré leur haut intérêt scientifique et bien que leur formation ait les rapports les plus intimes avec la minéralisation des gîtes.

STRUCTURE DU REMPLISSAGE

33. *Premier aperçu.* — Si l'on cherche à se rendre compte de la manière d'être des minéraux et des roches dans les gîtes métallifères, d'après leur forme, leur position et leur mode d'association, on peut y établir la classification suivante des *structures* que présentent les remplissages :

I. — STRUCTURE PRIMITIVE (GISEMENT EN PLACE).

- A. Remplissage homogène ou simple.
- B. Remplissage hétérogène ou composé, dont les éléments sont disposés :
 - 1° En mélange uniforme.
 - 2° En zones, savoir :
 - a) en couches;
 - b) en croûtes.
 - 3° En inclusions minérales, sous forme de :
 - a) cristaux et agrégats de cristaux ou inclusions porphyriques;
 - b) grains cristallins et autres agrégats;
 - c) concrétions;
 - d) oolithes;
 - e) veines primaires.

II. — STRUCTURE DÉTRITIQUE (GISEMENT REMANIÉ).

34. *Structure primitive.* — Les masses qui occupent encore le point où elles ont été formées originairement se divisent en :

- A. Remplissages homogènes ou simples;
- B. Remplissages hétérogènes ou composés.

35. *A. Remplissages homogènes.* — On appelle *homogènes* toutes les masses minérales un peu considérables, continues, pures ou ne contenant que des impuretés peu abondantes et uniformément réparties, qui constituent parfois des gîtes entiers, mais habituellement y occupent seulement des espaces plus ou moins grands ou font partie des éléments de remplissages composés.

Les remplissages homogènes peuvent être cristallins (macro-, micro- ou cryptocristallins), ou compactes et amorphes, ou disposés en écailles, en houppes, en baguettes, en fibres, etc., etc. On peut en citer de nombreux exemples : on en trouve en effet dans presque toutes les classes de gîtes.

Beaucoup de couches de minerai de fer sont essentiellement formées de minerai homogène (V. n° 55). Le fer oligiste, homogène et compacte, remplit des veinules dans une roche mélaphyrique de l'Iron Mountain, en Missouri (*fig.* 68). La galène homogène, à grandes ou à petites facettes, se trouve dans beaucoup de gîtes. Le quartz cristallisé, la cornéenne, la calcite, la barytine en masses homogènes sont universellement répandus.

Un phénomène remarquable est celui de la présence de minéraux pulvérulents en relation avec des minéraux homogènes. A Grängesberget, en Suède, de puissants amas stratifiés de minerai de fer magnétique contiennent la magnétite généralement en masses homogènes, grenues et compactes, mais parfois aussi sous forme de sable. Le filon de 18 mètres de puissance qui traverse les grauwackes siluriennes du puits *Louise Christiane* (1) à Lauterberg (Hartz), a son remplissage formé principalement de barytine sableuse, avec rognons et nodules de minerais de cuivre. Ces masses sableuses peuvent avoir été telles dès

(1) L. v. Buch, *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1842, p. 487.

l'origine ou provenir d'une décomposition de masses homogènes.

Si, comme on a complètement le droit de le faire, on appelle homogènes les éléments minéraux importants des masses hétérogènes, on obtient des passages graduels d'une des manières d'être à l'autre. Un ensemble quelconque peut toujours être divisé en particules assez petites pour que chacune d'elles soit homogène : il convient en conséquence, sous peine d'enlever toute valeur à la distinction établie, de réserver cette expression pour les masses de quelque importance.

36. *B. Masses hétérogènes ou composées.* — La structure des masses hétérogènes varie beaucoup selon la grandeur, la forme et le mode d'association des éléments qui les composent. Mais on peut toujours y distinguer trois groupes principaux, suivant que les éléments sont : 1° uniformément mélangés ; 2° disposés en zones ; 3° distribués en inclusions minérales.

37. 1. *Structure uniforme.* — On peut prendre comme type de cette structure la texture du granite, dans lequel les éléments cristallins sont uniformément répartis dans toutes les directions. Les minerais peuvent former, soit entre eux, soit avec les gangues, des mélanges, sinon toujours aussi réguliers, du moins analogues. Citons comme exemples les mélanges uniformes de calcite, quartz, galène, blende et pyrite cuivreuse des filons de l'Oberhartz, le mélange de sidérose et de quartz du filon du puits *Louise*, près de Horhausen (Prusse Rhénane), le mélange de quartz et de sulfures de cuivre dans les filons du Tellemarken, etc.

On trouve de place en place, soit dans les remplissages homogènes, soit dans les agrégats massifs, des cavités que l'on appelle *druses* ou *géodes* lorsque leurs parois se sont tapissées de cristaux. Ceux-ci sont étroitement unis aux parois par leur base et ont la même composition : c'est donc la matière même de la paroi qui a servi à les

former. Des géodes de cette nature doivent être soigneusement distinguées de celles qui se produisent par le remplissage de cavités (V. n° 40).

Les agrégats de minéraux, homogènes et cristallins, ou hétérogènes et uniformes se sont déposés dans des solutions concentrées dans des conditions telles que les individus isolés se sont réciproquement gênés dans leur développement ultérieur et se touchent par des surfaces de contact qui ne sont pas des faces cristallines. La cristallisation n'a pu s'accomplir librement que là où il est resté des cavités remplies de substances soit en solution liquide, soit en état de fusion ignée.

58. 2. *Structure zonée.* — Les éléments disposés en zones peuvent constituer soit des *couches*, soit des *croûtes*.

Les *couches* sont propres aux gîtes stratifiés; les *croûtes*, abstraction faite de celles qui forment des revêtements à la surface de blocs roulés et d'autres objets qui se rencontrent au jour, sont propres aux cavités, filons et grottes.

Les expressions de couche et de croûte ont l'inconvénient de préjuger jusqu'à un certain point le mode de production du minéral et, si l'on veut s'abstenir de toute hypothèse, il vaut mieux s'en tenir à l'expression générale de zone.

Les couches sont caractérisées par ce fait qu'elles se sont développées d'un seul côté, du mur vers le toit du gîte, tandis que les croûtes déposées dans des cavités présentent une disposition symétrique des zones sur les deux parois opposées de la cavité, par exemple, dans les filons, sur les deux épontes. L'expression de croûte éveille l'idée d'une formation superficielle et tel en a, en effet, nécessairement été le mode de formation. La croûte est un revêtement minéral recouvrant des surfaces de roches ou d'autres dépôts minéraux plus anciens. Lorsque plusieurs croûtes se recouvrent les unes les autres, la structure

devient zonée. Chacune des zones, couche ou croûte, peut d'ailleurs être formée d'une seule espèce minérale ou de plusieurs; elle peut donc, comme le remplissage entier, être homogène ou hétérogène; elle peut aussi renfermer les inclusions minérales que nous décrirons plus tard.

39. *a. Couches.* — La texture zonée dans les amas métallifères stratifiés doit être regardée comme un indice de la stratification. L'amas stratifié du Rammelsberg en offre un exemple excellent dans ses *minerais mélangés*, formés de couches alternantes, extrêmement minces, parallèles aux épontes, de pyrite de cuivre, de pyrite de fer et de galène. La pyrite de fer de l'amas stratifié de Schmöllnitz en Hongrie et celle de quelques amas de Huelva et de l'Alemtejo paraissent stratifiées. Les lentilles pyriteuses du Brenthal, près de Mühlbach, dans le Pinzgau, ont une structure schisteuse due à l'intercalation de lamelles de talc et de mica dans le minerai. Quelques amas stratifiés de Røraas et de Dovre, près de Trondhjem (Norvège) sont formés de couches alternatives de pyrite et de schiste.

Dans tous les exemples cités, les zones ou couches sont parallèles au toit et au mur des gîtes. La zone la plus voisine du mur est la plus ancienne; la plus voisine du toit est la plus récente.

40. *b. Croûtes.* — La forme des croûtes dépend toujours de celle des parois de la cavité dans laquelle elles se sont formées. La croûte déposée sur cette paroi est la plus ancienne; elle est recouverte par celle qui s'est déposée la seconde et ainsi de suite. Si la cavité s'est remplie entièrement, le milieu du remplissage est formé par une masse qui n'a plus l'allure d'une croûte, mais bien la forme du dernier vide où il s'est produit.

Les croûtes, prises une à une, ont des épaisseurs qui diffèrent beaucoup et peuvent aller d'un millimètre à un mètre et plus. Leur continuité est variable; parfois l'épais-

seur est uniforme et la croûte est constamment parallèle aux épontes; parfois, au contraire, elle paraît comme déchirée et l'on peut y constater de grandes variations de puissance. Les cristaux isolés et dispersés et les dépôts stalactitiques sont ceux qui présentent la plus grande irrégularité.

En tenant compte de la forme de la cavité où se sont produites les croûtes, on y distingue :

α. La structure en croûtes planes;

β. La structure en croûtes concentriques.

La *structure en croûtes planes* ne peut se rencontrer que dans des veines ou filons où le remplissage s'est fait graduellement à partir des salbandes. Les profils en travers montrent alors une disposition *symétrique* des croûtes; la symétrie est dite *simple* (fig. 48), lorsque chaque matière n'a pénétré qu'une fois dans la fente; *multiple* (fig. 49), lorsque les croûtes d'une même substance se répètent plusieurs fois.

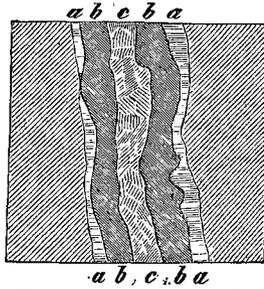


Fig. 48. — Symétrie simple.
a, quartz; b, galène, c, calcite.

Les écarts de la symétrie, dans les filons à structure en croûtes nettement accusée, s'expliquent toujours par des réouvertures et des remplissages répétés des fentes. C'est ainsi que, dans le filon représenté figure 72, avec remplissage de quartz et stibine à symétrie simple, il s'est produit après coup, le long d'une salbande, une réouverture qui s'est remplie de braunspath. Lorsque ces fentes ouvertes après coup ont elles-mêmes été remplies symétriquement, lorsque le phénomène s'est répété plusieurs fois, lorsque les nouvelles fentes ne concordent pas exactement en direction et en inclinaison avec les anciennes, lorsqu'il s'est produit des mouvements du terrain, etc., etc., les remplissages présentent des complications de toutes sortes,

qu'il faut étudier et déchiffrer dans chaque cas particulier.

La structure à croûtes concentriques peut se présenter

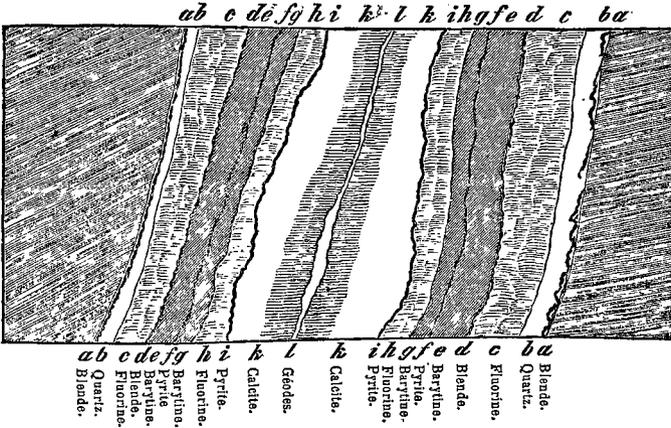


Fig. 49. — Symétrie multiple. — Filon Drei Prinzen Spat, à Freiberg, d'après v. Weissenbach.

sous deux aspects différents, suivant que le remplissage

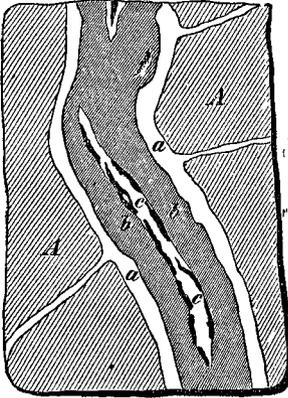


Fig. 50.

Échantillons des filons du puits Bergsmannstrost, d'après v. Groddeck.

a, quartz — *b*, galène — *c*, blende — *e*, calcite. — *A*, fragments de la roche encaissante.

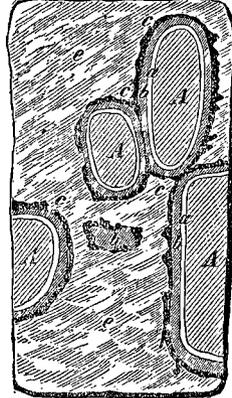


Fig. 51.

enveloppe des fragments de roche ou remplit des grottes.

Les fragments de la roche encaissante, du remplissage et de masses minérales plus anciennes sont extrêmement fréquents dans les filons (fig. 52 et 53); ils sont, soit enveloppés par des mélanges minéraux homogènes ou composés, soit recouverts d'une croûte en zones concentriques. On y observe ce fait digne d'attention, que les mêmes successions de minéraux que l'on reconnaît dans le rem-

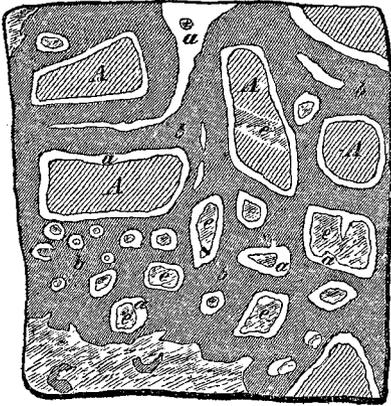


Fig. 52. — Puits Neuer Thurm Rosenhof.

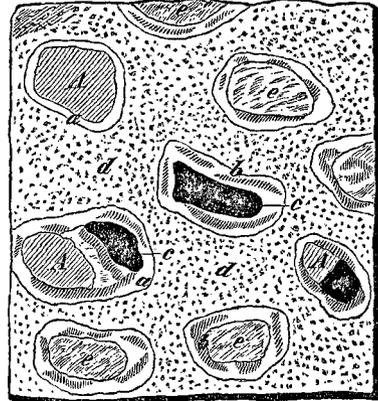


Fig. 53. — Puits Bergmannstrost

Échantillons de filons de Clausthal, d'après v. Groddeck. — a, quartz. — b, galène, c, blende, — e, calcite. — A, fragments de la roche encaissante.

plissage en croûtes planes des veines et filons se répètent aussi ici. La comparaison des deux échantillons représentés fig. 50 et 51, de la mine Bergmannstrost à Clausthal, en fournit la preuve très claire.

Les fragments entourés de croûtes très régulières de minerai prennent le nom de minerais orbiculaires (*Ringel-erze*). Dans chacune de ces croûtes, le quartz affecte souvent une texture radiée, dont les rayons sont normaux à la surface du noyau. Les roches présentent alors une texture *sphérolithique*. Il est très intéressant de remarquer que, dans les minerais orbiculaires et les roches sphérolithiques, les fragments isolés ne se touchent jamais, mais

paraissent nager librement dans la substance minérale qui les empâte. Le fait s'explique par cette circonstance que les fragments, qui d'abord s'appuyaient les uns sur les autres, ont été séparés par la force de la cristallisation, de même que, d'après Reich (1), l'eau en se congelant dans de vieux travaux de mine, sépare les fragments qui y sont amoncelés.

F. Poszepny a observé, parfaitement décrit et figuré (*fig. 81*), le remplissage de grottes par des croûtes concentriques dans les gîtes de Raibl. Nous voyons, dans des cavités incomplètement remplies, les dépôts les plus récents se former en cristaux tapissant des géodes. Telles sont les géodes bien connues des roches amygdaloïdes. Les cristaux d'une géode peuvent, à la suite d'une nouvelle arrivée de matière, être recouverts d'une croûte plus récente et celle-ci former à son tour une nouvelle géode. Des géodes d'âges différents se succèdent ainsi dans la même cavité. Nous appelons géode ouverte celle qui, à un moment donné, est la plus récente, et géodes fermées, celles plus anciennes qui ont été recouvertes de dépôts postérieurs.

Ainsi s'expliquent les expressions de *structure à géodes ouvertes, à géodes fermées*. La relation intime qui existe entre le développement de cette dernière structure et la production des croûtes devient manifeste. Tous les cristaux enveloppés de croûtes, qui s'appuient sur une croûte plus ancienne, témoignent de la structure à géodes fermées de la roche où on les rencontre.

Les exemples de cette structure abondent dans les filons de l'Oberhartz et notamment dans la partie est du système du *Burgtädter Zug*, où des scalénoèdres de calcite, enveloppés de quartz et de galène, se trouvent entre des

(1) Reich, *Beobachtungen über die Temperatur des Gesteins in den verschiedenen Gruben des sächsischen Erzgebirges*, Freiberg, 1834, p. 186.

fragments des épontes recouverts de croûtes et sont eux-mêmes entourés de calcite plus récente (*fig. 52*).

A propos du remplissage des géodes, il convient encore de dire quelques mots de la formation des *stalactites* et des *stalagmites* dans des cavités. On sait comment les eaux qui suintent des parois en déposent dans les grottes calcaires. Mais on sait peut-être moins qu'on trouve dans les gîtes métallifères des stalactites formées de minerais de toute espèce. La pyrite et la marcassite qui se trouvaient autrefois comme des raretés dans l'Oberhartz, sous forme de stalactites, y avaient reçu le nom de pyrite *vermiforme* (*madenkies*). On a décrit dans un filon d'Olah-Lapos-Banya en Hongrie (1) de belles stalactites de pyrite de fer. F. Poszepny a fait connaître de magnifiques stalactites de galène et de blende trouvées dans les grottes de Raibl et désignées sous le nom de *minerais tubulaires* (*Röhrenerze*). Les *cave openings* des gîtes de plomb du Haut-Mississippi renferment de splendides stalactites de galène. La calamine (smithsonite et zinconise) présente souvent la forme de stalactites à Brilon (Westphalie), à Raibl (Carinthie), dans le nord de l'Espagne et dans beaucoup d'autres gîtes de minerai de zinc. Il serait aisé de multiplier les exemples analogues.

41. *Inclusions minérales*. — La troisième manière d'être des remplissages composés est celle où les éléments du remplissage sont disposés en *inclusions minérales*. Nous désignons sous ce nom des minéraux, des cristaux, des agrégats cristallins de formes et de nature quelconques, entièrement entourés d'une espèce minérale différente ou d'une roche. C'est à cette disposition que l'on a donné jusqu'ici le nom d'*imprégnation*, lorsque les particules minérales enveloppées sont petites. Il vaut mieux employer le mot *inclusion* qui représente simplement le phénomène,

(1) *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 83.

lorsqu'on ne veut faire aucune hypothèse sur la genèse du remplissage. L'inclusion peut être contemporaine de la matière qui l'entoure ou y avoir pénétré postérieurement. Dans le premier cas, l'inclusion peut s'appeler une *sécrétion*; dans le second, une *imprégnation*; l'emploi de ces dénominations sert à faire connaître l'opinion que l'on s'est formée sur l'époque relative de la production de l'inclusion : nous leur attacherons en conséquence toujours le sens précis que nous venons d'indiquer.

Il n'est pas toujours aisé de déterminer, d'après la nature seule de l'inclusion, si elle s'est formée par imprégnation ou par sécrétion.

En s'appuyant sur la forme des inclusions minérales, on peut les classer comme suit :

- a) Cristaux et agrégats de cristaux ou inclusions porphyriques;
- b) Grains et agrégats cristallins d'espèces variées;
- c) Concrétions;
- d) Oolithes;
- e) Veines primaires.

42. a. *Cristaux et agrégats de cristaux ou inclusions porphyriques.* — Lorsqu'un cristal complètement développé forme une inclusion dans une roche ou dans un autre minéral, deux cas sont possibles : le cristal pouvait avoir pris tout son développement au moment où il s'est trouvé empâté dans la masse qui l'entoure, — c'est le cas par exemple pour les cristaux d'augite d'origine volcanique emprisonnés dans des tufs; — ou il a pu se former au sein d'une masse pâteuse qui n'offrait que peu ou point de résistance à la cristallisation.

On ne peut admettre que des cristaux à développement complet aient pris naissance dans une roche déjà consolidée ou y aient pénétré par imprégnation.

Le cas de cristaux empâtés postérieurement à leur consolidation, comme les cristaux d'augite des tufs volca-

niques, est si rare dans les gîtes métallifères, que nous pouvons en faire abstraction et affirmer que tous les cristaux formant des inclusions porphyriques sont des produits de sécrétion, c'est-à-dire ont cristallisé dans le sein de la masse qui les entoure, alors que cette masse était encore pâteuse. Mais il faut tenir compte des circonstances suivantes : la sécrétion peut être contemporaine de la formation première et de la consolidation de la roche ou s'être produite ultérieurement, à la faveur d'un ramollissement plus ou moins complet de la masse par l'effet de modifications mécaniques ou chimiques. C'est à la géologie à examiner dans chaque cas si ces modifications ont pu se produire.

Les porphyres des roches composées cristallines, le felsite-porphyre, la porphyrite, les porphyres diabasiques, etc., sont caractérisés par la présence de cristaux sécrétés de feldspath et d'autres minéraux. Ces cristaux sont de véritables sécrétions de la pâte qui les entoure, puisqu'on voit cette pâte pénétrer dans les cristaux en y dessinant comme des baies ou en être complètement entourée.

Les roches sédimentaires, argiles, phyllades, grès, calcaires, etc., renferment aussi des cristaux de sécrétion. Les cristaux de calcite des grès tertiaires de Fontainebleau, dans lesquels une forte proportion de grès a été entraînée par la cristallisation (grès cristallisés), en sont un exemple manifeste. On connaît des sécrétions de calcite analogues dans les terrains sédimentaires à Sievering, près de Vienne, à Mährisch Ostrau, à Miechowitz (Haute-Silésie), et en différents autres points. Il n'est pas douteux que les cristaux bien connus de boracite et de quartz des gypses de Lunenburg et de Segeberg appartiennent à la même catégorie. Citons encore comme produits de sécrétion les cristaux et groupes de cristaux de pyrite de fer, si fréquents dans les argiles, les phyllades, les calcaires et les

grès ; les cristaux de galène que l'on rencontre dans des calcaires, par exemple les cubes de galène, isolés, des calcaires de Trenton du silurien américain, les cristaux de galène du muschelkalk de la Haute-Silésie, les cristaux de blende rouge des calcaires dévoniens de Philippeville, en Belgique, etc. ; enfin les octaèdres de magnétite, complètement développés, que l'on rencontre dans les chloritoschistes.

La présence de cristaux de minerais métalliques dans les argiles filoniennes est facile à expliquer : ils ont été déposés, dans le sein de ces argiles encore molles, par les solutions métalliques qui circulaient dans les fentes des filons. Souvent aussi ils n'ont été formés que plus tard, par suite de la décomposition et de la dissolution de dépôts minéraux plus anciens : tel a été le cas des petits cristaux de cuprite qui se montrent dans un schiste argileux à l'affleurement des filons de Hahnenklee, dans l'Oberhartz, et celui des cristaux de chlorure et de bromure d'argent dans la salbande argileuse du puits *Michailowski*, dans le gouvernement d'Orenbourg.

Plus singuliers et plus difficiles à expliquer sont les cristaux complets que l'on trouve parfois à l'état d'inclusions dans d'autres minéraux, comme les cristaux de magnétite dans l'oligiste compacte des gîtes de Grängesberget et d'Utö en Suède, les beaux cristaux de cobaltine dans les pyrites cuivreuses de Tunaberg (1), les cristaux de quartz dans la bournonite des filons de Musen, dans le pays de Siegen et dans la galène de la mine Madonna, près d'Engelskirchen, cercle de Wipperfürth, etc.

43 b. *Grains cristallins et autres agrégats.* Ce que nous avons dit de la formation des cristaux et des agrégats de cristaux constituant des inclusions porphyriques est aussi généralement vrai pour les inclusions de grains cristallins

(1) Les cristaux de cobaltine qui, au même endroit, sont emprisonnés dans les calcaires ont toujours un noyau de smaltine.

et d'agrégats cristallins divers qui les accompagnent fréquemment. Il y a lieu seulement de remarquer que, dans beaucoup de cas, leur formation doit être regardée comme une véritable imprégnation, en ce sens qu'ils ont été déposés par des eaux minérales dans des cavités comme les pores de la roche ou produits par des actions métamorphiques. Il sera, en conséquence, beaucoup plus difficile, sinon impossible, de décider si les inclusions dont nous nous occupons sont dues à des phénomènes de sécrétion ou d'imprégnation. Des inclusions de minerai en très petits grains, comparables à des poussières métalliques, sont fréquentes, tant dans les roches éruptives que dans les dépôts sédimentaires. Si l'examen au microscope montre que ces poussières sont formées de petits cristaux, on devra les considérer comme des sécrétions.

A côté des poussières métalliques ou dans leur sein, on trouve des grains et nodules qui ne se distinguent entre eux que par leurs dimensions et sont formés de matières minérales et métallifères, homogènes ou composées. Il serait, dès lors, illusoire de chercher à établir une démarcation précise entre les grains que l'on doit considérer comme des inclusions et ceux que nous avons désignés comme des gîtes particuliers (V. p. 69).

Les inclusions métallifères en grains cristallins dans les roches et les minéraux, sécrétions ou imprégnations, sont extrêmement répandues dans tous les gîtes métallifères. La magnétite dans les basaltes, les péridotites, les mélaphyres et les syénites ; la cassitérite dans le granite et le porphyre quartzifère ; la pyrite de fer et la pyrite magnétique dans les diorites et les gabbros ; la couche de schiste cuivreux avec ses inclusions pulvérulentes de pyrites et de sulfures métalliques, les minerais de cuivre oxydés dans les grès cuprifères de Russie et d'autres contrées, le cinabre dans les quartzites d'Almaden, les fahlbandes, c'est-à-dire des schistes cristallins avec inclusions pyriteuses

pulvérulentes ou en grains, etc., donnent d'excellents exemples d'inclusions que l'on peut ranger les unes avec certitude, les autres avec grande vraisemblance, parmi les sécrétions métallifères.

Le remplissage pierreux des filons et les épontes altérées renferment habituellement des inclusions qui sont souvent incontestablement des imprégnations : on en pourrait citer des centaines d'exemples.

Les gîtes résultant de la transformation de calcaires en hématite brune, minerais de manganèse ou calamine en renferment souvent, spécialement sous la forme de nodules.

Indiquons encore, pour achever de caractériser les inclusions minérales en grains dans d'autres minéraux, les quelques exemples suivants. On connaît, en beaucoup d'endroits, du quartz de filon coloré en bleu gris par une fine poussière de galène, probablement un produit de sécrétion. La pyrite de cuivre forme des noyaux homogènes de la grosseur d'une noix dans la barytine de la mine *Clara*, près de Schappach, dans la Forêt-Noire. Des nodules lenticulaires de minerai de cuivre sont intercalés dans le quartz des gîtes de Mitterberg, près de Salzbourg, de Kotterbach en Hongrie, etc.

44. c. *Concrétions* (1). — Les concrétions minérales doivent, au point de vue de leur production, être envisagées comme les concrétions pierreuses bien connues des géologues. Ce sont des masses minérales arrondies, sphéroïdales, ellipsoïdales ou de formes irrégulières qui se sont formées par retrait dans un milieu encore mou. Ce sont donc des produits de sécrétion. Beaucoup de concrétions sont cristallines ou même partiellement cristallisées et se rapprochent ainsi étroitement des agrégats cristallins proprement dits. On y observe souvent une disposition en

1) R. Blum, *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1868, p. 294 et suiv.

dépôts concentriques autour d'un noyau et une texture fibreuse et radiée. On en trouve dans toutes les catégories de gîtes; on leur donne des noms très variés, tels que ceux de noyaux, nodules, boules, rognons, etc...

Dans le Mansfeld, on trouve de petites boules arrondies de minerai de cuivre, soit dans la couche même, soit au toit ou au mur, lorsque ceux-ci sont minéralisés, à côté des inclusions métallifères pulvérulentes (le mineur du Mansfeld les appelle *erzhicken*).

Le type des nodules se trouve dans les couches plombifères du grès bigarré de l'Eifel. Ces couches sont formées d'un grès blanc tendre, contenant des concrétions arénacées arrondies de la grosseur d'un pois, au milieu desquelles sont emprisonnés de petits grains cristallins de galène, rarement de minerai de cuivre.

L'hématite brune constitue souvent des concrétions ou rognons dans le terrain tertiaire ou dans le lehm diluvien; le cuivre panaché se trouve en concrétions de la forme et de la grosseur d'un abricot dans les marnes sableuses de la steppe de Kargalinski (Russie); la blende forme des concrétions à surface cristallisée dans la mine de calamine « *Banco sin nombre* » près d'Andara, dans le nord de l'Espagne. On connaît des concrétions de mispickel, dont la grosseur varie de celle d'une noisette à celle d'une noix, dans un talcschiste friable de Cherokee-County (1), dans le nord-ouest de la Géorgie; par suite d'altération, elles sont recouvertes d'un enduit ocreux et présentent des fentes tapissées de beaux cristaux de scorodite et de phar-macosidérite et de filaments d'or natif.

Les rognons de sphérosidérite que l'on trouve entre les couches de schistes argileux de toutes les formations sont incontestablement des concrétions. Ils ont souvent pour noyau un fossile. Un fait absolument analogue s'observe

(1) H. Credner, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1867, p. 445.

dans les couches d'hématite rouge de la mine *Hlawa*, près de Nerzeczina, en Bohême; elles renferment des concrétions arrondies et aplaties de un à cinq centimètres de diamètre, dans le milieu desquelles sont emprisonnés un ou deux exemplaires d'*Orthis desiderata* (Barr.). La dimension des concrétions correspond toujours à celle de l'orthis qu'elles renferment. Les rognons ellipsoïdaux aplatis, de cinq à huit centimètres, qui sont intercalés dans les schistes bitumineux du grès rouge de Goldlauter, près de Suhl, offrent un intérêt particulier. Krug von Nidda (1), les décrit comme suit: « Leur composition est toute spéciale et mérite un examen attentif. Le noyau intérieur est généralement formé par une substance brune, terreuse ou compacte, qui paraît être de la sphérosidérite; elle est parfois remplacée par un calcaire cristallin et grenu coloré en noir, parsemé de petites géodes tapissées de cristaux de calcite. Ce noyau intérieur renferme principalement de la pyrite de cuivre, du cuivre gris, de l'argent natif et probablement du mispickel. Il est entouré d'une zone de braunspath rouge, ne contenant que de faibles traces de matières métalliques. Puis se succèdent des zones de mispickel, de pyrite de fer et de schiste argileux. Le schiste domine de plus en plus à mesure qu'on se rapproche de la surface extérieure; par contre les zones pyriteuses diminuent et s'écartent les unes des autres. Parfois l'enveloppe extérieure consiste en un faible enduit de calcite blanche, sur laquelle sont disséminées quelques fines lamelles d'argent rouge. La formation est rarement assez complète pour que toutes les zones soient représentées sur un même échantillon; elle peut être réduite au noyau argentifère; celui-ci peut n'avoir qu'un revêtement unique; il peut enfin manquer lui-même. »

Les boules de minerai de cuivre et les masses sphéroïdales

(1) Karstens, *Archiv.*, 1838, t. XI, p. 37.

des filons de serpentine de Toscane ne sont pas moins intéressantes ; leur grosseur varie depuis celle d'un pois jusqu'à plusieurs mètres cubes. Elles se séparent toujours aisément de la roche encaissante. Les grosses boules ont l'intérieur formé de pyrite de cuivre, recouverte par des zones concentriques de cuivre panaché et de sulfure de cuivre.

Un des gîtes les plus remarquables de la terre est celui du *Monte-Calvi*, dans le Campigliese toscan, où un mélange de minerais sulfurés avec de l'augite est disposé en masses sphéroïdales. Ces masses sont contenues dans des filons dont la puissance atteint 37 mètres, qui traversent des marbres d'une blancheur éclatante et dont la gangue principale est de l'augite. Les sphéroïdes, dont le diamètre varie depuis quelques millimètres jusqu'à 2^m.50, ont une structure à la fois rayonnante et orbiculaire. G. v. Rath a décrit un sphéroïde de 2^m.50 de diamètre, de la mine *Cava del Piombo*, comme suit : « Le noyau consiste en une masse irrégulière de plus de 0^m.30 de blende brune, de galène, de pyrite de cuivre et de pyrite de fer. Cette masse pyriteuse centrale envoie des ramifications en zigzags dans la masse d'augite radiée. Les aiguilles vertes d'augite, dont la longueur dépasse parfois un mètre, rencontrent trois ou quatre fois dans le grand sphéroïde des surfaces concentriques. Toute la masse d'augite est remplie de nodules, petits ou grands, de minerais sulfurés, qui forment aussi des enduits minces sur les surfaces de séparations concentriques dont nous venons de parler. »

Les noyaux qui se trouvent parfois, quoique assez rarement, dans les filons métallifères du *Pfundrersberg*, près de Klausen (Tyrol) paraissent analogues à ceux du *Monte-Calvi*. D'après v. Cotta, « ce sont des concrétions lenticulaires de 5 à 25 centimètres de diamètre, à structure intérieure concentrique. Elles renferment assez souvent un noyau irrégulier d'amphibole ou de chlorite avec des

hexaèdres de pyrite. Ce noyau est entouré de dépôts concentriques alternants de pyrite et de blende et galène. Les zones ne sont pas séparées d'une manière très nette les unes des autres ; elles se mélangent plus ou moins et l'on aperçoit quelquefois un peu de galène ou de blende dans la pyrite, et réciproquement. »

45. *d. Oolithes.* — On trouve dans les gîtes de calamine de Santander (Espagne) des oolithes de calamine identiques aux pisolithes de Carlsbad et ayant certainement la même origine. Chaque grain, de la grosseur d'un pois, a un noyau de silicate de zinc, autour duquel sont déposées de minces couches de carbonate. Les boules de minerai pisolithique (hématite brune) qui, entourées de terre argileuse, remplissent des grottes et des cheminées descendant du jour dans les calcaires, et dont le diamètre peut atteindre 5 centimètres sont aussi des oolithes.

On rencontre pour expliquer la texture oolithique des couches d'hématite brune ou rouge de diverses formations, les mêmes difficultés que pour expliquer la formation des calcaires oolithiques.

Gumbel (1) a divisé les oolithes en *extoolithes* et *entoolithes*, formées, les premières, de dedans en dehors par concrétion autour d'un noyau solide ; les secondes, par le remplissage de cavités en forme de soufflures, c'est-à-dire par sécrétion. Les observations suivantes établissent la possibilité de la production de roches et de minerais oolithiques sous forme d'entoolithes. Virlet d'Aoust a remarqué que, sur les bords des lacs mexicains, des milliards d'insectes déposaient leurs œufs dans l'eau et qu'après la sortie des larves les enveloppes restantes produisaient des oolithes en s'incrétant intérieurement. Knop a observé que, dans les conduites d'eau ouvertes de Nauheim, dans le Wetterau, les algues, sous l'action des rayons solaires,

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1874, p. 254.

dégageaient des bulles d'acide carbonique qui s'entouraient d'un enduit sphérique de calcaire ferrugineux.

Toutes les oolithes produites à la manière de celles de Carlsbad sont des extoolithes. On n'est pas encore fixé sur le mode de formation de celles des couches de minéral de fer oolithique.

46. e. *Veines primaires*. — Nous avons précédemment (p. 14) appelé veines de petits filons. Nous n'avons en vue ici que les veines les plus petites, celles dont on peut observer les limites dans des échantillons de collections ou tout au moins dans des blocs de dimensions restreintes. Elles peuvent s'être produites de différentes manières. Quelques-unes sont contemporaines de la consolidation des roches et des gîtes, ce sont les *veines primaires*; d'autres, auxquelles nous réservons le nom de *veines secondaires*, ont été ouvertes postérieurement à cette consolidation.

La distinction a été établie d'abord par C. Lossen (1). Les veines primaires pourraient aussi recevoir le nom de veines de sécrétion; les veines secondaires, celui de veines d'imprégnation. La réalité de l'existence de veines de sécrétion a été prouvée dès 1830 par les expériences de Hessel (2) sur la congélation de l'eau boueuse. On voit, dans les masses de glace boueuse, comme des filons de glace pure, souvent parfaitement claire, verticaux ou inclinés, plans, qui se croisent ou affectent une disposition rayonnante.

Lors donc qu'on trouve dans une roche de petites fentes radiées ou rayonnantes, remplies de minéraux cristallisés, on ne doit nullement en conclure que ces minéraux y ont été introduits après coup; bien au contraire, si l'on ne voit aucun indice certain d'infiltration postérieure, il est beaucoup plus probable, par analogie avec l'expérience

(1) *Zeitschrift d. d. geol. Gesellschaft*, 1875, t. XXVII, p. 255.

(2) *Neues Jahrb. für Mineral.* 1830, p. 221.

précitée, que ce sont des veines de sécrétion, produites au moment de la consolidation de la roche.

Les sécrétions que nous avons précédemment décrites, cristaux, poussière minérale, grains, nodules, concrétions, sont habituellement accompagnées de veines de sécrétion (comparer couches de sécrétion, n° 58, et gîtes massifs, n° 78).

Les veines secondaires ou veines d'imprégnation sont de véritables petits filons, auxquels s'applique tout ce que nous avons dit des filons ordinaires. On peut citer, comme spécialement caractéristiques, les fentes tapissées de dendrites qui se trouvent si souvent dans les grands filons ou dans leur voisinage.

47. II. *Structure détritique (gisement remanié)*. — Toutes les particularités des gisements en place peuvent naturellement se retrouver dans des fragments entraînés plus ou moins loin des gîtes auxquels ils appartenaient primitivement. Ces fragments sont anguleux dans les brèches, arrondis dans les poudingues ; ils peuvent être isolés, indépendants, ou enveloppés et cimentés par une nouvelle formation minérale ou pierreuse en place.

Les gîtes détritiques (n° 124) sont essentiellement composés de fragments ; les gîtes d'alluvion, par exemple, de fragments roulés. Mais on trouve aussi des fragments dans des fentes de filons, où ils se sont amoncelés à la faveur d'une réouverture et ont ensuite, en général, été cimentés par un enduit minéral (voir n° 40, p. 82).

PARTIES RICHES DES GITES MÉTALLIFÈRES

48. *Formes des parties riches*. — L'observation montre que les minerais ne sont que très rarement répartis d'une manière uniforme et continue dans le remplissage des gîtes. Le cas ordinaire est celui d'une succession alternative de

parties riches, de parties pauvres et de parties stériles. Le passage d'une partie pauvre à une partie riche est appelé *enrichissement*, le passage inverse *appauvrissement*.

Peu d'objets ont, dans la pratique de l'art des mines, une importance comparable à celle de l'étude des formes et de la distribution des parties riches ; mais, malheureusement, peu de branches de la géologie sont aussi peu développées. Nous sommes obligés de regarder la répartition des minerais comme n'étant soumise à aucune loi, si ce n'est au hasard, parce que jusqu'ici nous ne sommes pas en état de déterminer, d'après des lois bien établies, où se trouvent les minerais : tant que l'on n'y sera pas arrivé, l'exploitation des mines métalliques conservera le caractère aléatoire qu'on a si souvent affirmé en être inséparable.

On peut souvent, en s'appuyant sur des considérations géologiques, indiquer avec plus ou moins de certitude la position superficielle ou souterraine de couches ou de filons métallifères. Mais personne n'est en état d'indiquer où, dans ces couches ou ces filons, se trouvera le minerai : le hasard seul permet de le découvrir.

La seule voie par laquelle on puisse espérer parvenir à la connaissance des lois de la répartition des minerais, — car ces lois doivent exister, — est celle de recherches scientifiques persévérantes, consciencieuses et multiples. On ne manque pas d'observations locales sur la forme et la distribution des parties riches, et dans la troisième partie, nous en indiquerons un grand nombre. Nous examinerons, dans la partie consacrée à la théorie des gîtes, dans quelle mesure ces observations locales peuvent et doivent être utilisées par la science. Ici, nous n'avons à nous occuper, d'une manière générale, que des formes extérieures que l'empirisme fait attribuer aux parties riches.

On doit distinguer : 1° les parties riches irrégulièrement disséminées ; 2° les colonnes inclinées ; 3° les colonnes droites.

49. *Dissémination irrégulière des parties riches.* — On trouve dans tous les gîtes des parties riches irrégulièrement disséminées, constituant, dans le gîte, des amas ou des sortes de nids. Parmi les gîtes stratifiés, on en trouve, par exemple, dans les grès cuprifères de Russie, dans les fahlbandes, etc.. Dans les filons, ce mode de minéralisation est très fréquent (*fig. 54*) ; on peut citer comme exemples les filons d'Andreasberg.

La dissémination en forme de nids est un caractère essentiel des gîtes massifs (fer oxydulé dans les péridorites, pyrite de cuivre dans les diorites, etc.), des remplissages de grottes, des gîtes métamorphiques (gîtes de galène et blende, de calamine, de fer et manganèse subordonnés à des calcaires) et enfin des gîtes d'alluvion.

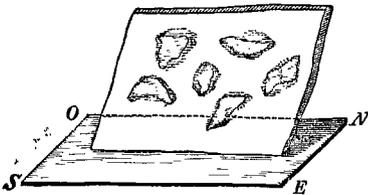


Fig. 54. — Minéral disséminé en nids.

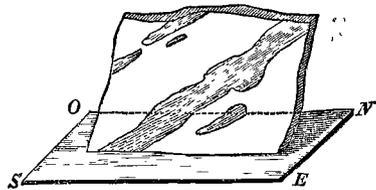


Fig. 55. — Colonnes inclinées.

50. Les *colonnes inclinées* ne sont connues que dans les amas stratifiés et les filons. Ce sont des parties riches de faible largeur, allongées dans le plan du gîte dans une direction diagonale, c'est à-dire intermédiaire entre la direction et l'inclinaison (*fig. 55*).

J. Trinker (1) les a, le premier, observées dans les amas stratifiés du *Heinzenberg*, près de Zell, en Tyrol. On y exploite des amas stratifiés de quartz aurifère intercalés dans les schistes siluriens : ces amas ne sont exploitables que dans des colonnes inclinées séparées par des zones stériles. Leur allure rappelle celle précédemment décrite

(1) *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien*, 1 Jahrg. 1850. p. 213.

(p. 36), des lentilles pyriteuses diagonalement alignées de Prettau et de Muhlbach et pourrait s'expliquer aussi d'une manière suffisante en admettant que le minerai, au moment du dépôt sur un plan horizontal, a formé des traînées auxquelles le soulèvement a plus tard donné une position inclinée. Ces dépôts de minerai par traînées ne sont d'ailleurs, en général, pas très rares: ils se trouvent, par exemple, dans les grès cuivreux de Saint-Avoid et de Wallerfangen, près de Sarrelouis, et dans les minerais de fer des marais (n° 141).

Les colonnes inclinées sont beaucoup plus répandues dans les filons que dans les amas stratifiés. On peut prendre comme type celles du *Kleinkogl*, près de Brixlegg, décrites par J. Trinker. Les filons y forment un ensemble très complexe, orienté nord-sud et plongeant de 55° vers l'est; les colonnes riches plongent, dans les filons, de 36° environ vers le nord (*fig. 56*). On observe des colonnes in-

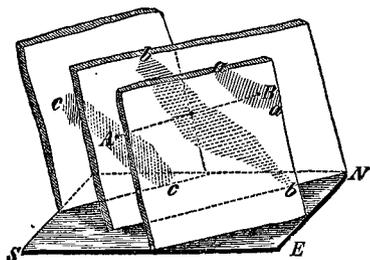


Fig. 56. — Axe général des colonnes riches.

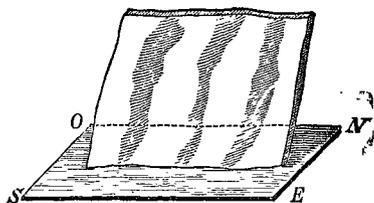


Fig. 57. — Colonnes droites.

clinées très nettes dans les filons de l'Oberhartz, de Holzapfel, de Poullaouen, etc.

Les colonnes inclinées de filons placés les uns derrière les autres sont elles-mêmes, à leur tour, alignées dans une direction générale (A B de la *fig. 56*). On obtient l'*axe général* A B des colonnes riches en joignant les centres des colonnes correspondantes *aa*, *bb*, *cc*, des différents filons.

Les colonnes inclinées peuvent aussi se former par l'o-

rientation de nids de minerai suivant une direction diagonale dans le plan du filon. Tel est, par exemple, le cas au *Grunergang* de Schemnitz, où le minerai forme, d'après Windakiewicz, une série de lentilles alignées suivant une ligne inclinée, plongeant de 20° environ du sud vers le nord.

51. Les *colonnes droites* sont des parties riches de faible largeur, allongées suivant la ligne de pente de gîtes voisins de la verticale (*fig. 57*). Elles paraissent encore bien plus répandues dans les filons que ne le sont les colonnes inclinées.

v. Richthofen indique que, dans les filons de quartz aurifère de Californie, les parties riches forment toujours des colonnes droites très régulières. Le filon de Comstock, dans le Nevada, les filons de Luz, près de Guanajuato (Mexique), de Pontgibaud (France), de Linarès (Espagne) présentent de ces colonnes droites.

Nous essayerons, dans la 4^e partie, de donner une explication de la répartition des minerais en nids et colonnes inclinées ou droites.

CHANGEMENTS DE LA MINÉRALISATION

On n'observe pas seulement, dans les gîtes, des alternances de parties riches et de parties pauvres ; on y voit aussi la nature des minéraux et des minerais varier dans le sens de la puissance, suivant la direction et suivant l'inclinaison.

52. *Successions minérales.* Les changements dans le sens de la puissance se montrent le plus clairement dans les remplissages zonés qui permettent de déterminer l'âge

relatif des minéraux. Dans les gîtes stratifiés, la zone du mur est la plus ancienne, celle du toit la plus récente. Dans l'amas stratifié du Rammelsberg, où il faut tenir compte du renversement, la zone la plus ancienne est formée de pyrite de fer et de cuivre; la zone moyenne de minerais mélangés (p. 79) et la zone la plus récente est un mélange intime de galène, blende, pyrite et barytine (minerais bruns et gris). La disposition en croûtes, dans les filons, présente une variété extraordinaire. Chaque localité, chaque filon, souvent chaque partie riche a ses caractères propres, mais il semble que, dans l'ensemble, le quartz, seul ou mélangé de sulfures, forme la première zone; qu'il soit recouvert d'une zone où les sulfures jouent un rôle prédominant et qu'enfin la formation se termine par des carbonates spathiques et de la barytine. Un grand nombre d'exemples montrent le même ordre de succession dans les filons les plus différents; il est vrai par contre qu'on peut aussi y constater plus d'un écart à la loi que nous venons d'indiquer.

F. Sandberger détermine comme suit l'ordre de succession des minéraux des filons qui traversent le granite de Wittichen, dans la Forêt-Noire.

1. Quartz avec argyrose et argent natif (formation du quartz noble);

2. Barytine avec un peu de fluorine, smaltine, wittichénite (sulfure de cuivre et de bismuth), bismuth natif, nickéline, smaltine ferrifère, cuivre gris cobaltifère et cuivre pyriteux (formation barytique et cobalto-cuivreuse);

3. En géodes, braunspath, sidérose, calcite d'un vert d'huile, cuivre pyriteux, pyrite arsenicale cobaltifère et argent rouge (formation des mélanges riches).

Le même savant a observé l'ordre de succession dans le filon *Wenzel*, à Wolfach, dans la Forêt-Noire, qui est encaissé dans le gneiss.

1. Quartz et minerais d'argent riches; subordonnés.

2. Quartz avec cuivre gris, calcite saccharoïde, argent antimonié, galène, nickéline, wolfachite et géryrite.

3. Barytine avec minerais d'argent riches.

4. En géodes, braunspath avec minerais d'argent riches.

Dans les filons d'argent de Brand, district de Freiberg, aussi encaissés dans le gneiss, Weissenbach indique la succession suivante :

1. Quartz dominant, avec mouches de pyrite, blende noire, galène et mispickel, d'une teneur en argent moyenne.

2. Diallogite et braunspath avec les mêmes espèces, mais beaucoup plus riches en argent et en partie en mélange avec des minerais d'argent proprement dits, polytélite et parfois cuivre gris argentifère.

3. Sidérose, fluorine, barytine, en mélange, — suivies parfois d'une variété exceptionnelle de braunspath. — Mêmes minerais que dans la deuxième formation, mais beaucoup moins abondants ; la galène disséminée dans la barytine, ordinairement pauvre en argent.

4. Calcite, parfois avec minerais d'argent riches, mais sans les minerais de la formation n° 1.

G. v. Rath a observé dans les filons bien connus de Kongsberg la succession suivante :

1. Quartz ;

2. Sulfures métalliques divers ;

3. Calcite et fluorine.

Malgré la complication des filons du terrain silurien de Przibram (Bohême), considérés individuellement, on peut encore, avec E. Reuss (1), y reconnaître le même ordre de succession.

1. La blende, la galène, le quartz et la sidérose forment le remplissage le plus ancien ; on trouve tantôt une espèce, tantôt l'autre, alternant assez souvent plusieurs fois, ou deux, ou plusieurs espèces réunies dans une même zone.

(1) *Neues Jahrb. für Mineral*, 1865, p. 91.

2. Ensuite apparaît une série de minéraux, en partie pénétrant dans la zone précédente, en partie déposés par-dessus, et par suite postérieurs : la chalcosine, la chalcopyrite, la phillipsite, la jamesonite, la boulangérite, la smaltine, la chloanthite, le mispickel, la bournonite, le cuivre gris, le psaturose, la proustite, la freieslébénite, la miargyrite, la stibine, etc.

3. Comme dernière formation, la blende, la barytine, la calcite, la pyrite, le braunspath, la galène, le quartz, des minerais d'argent riches, etc.

Nous avons laissé de côté les produits d'altération des minéraux précédents, comme la céruse, la pyromorphite, la malachite, que cite Reuss ; nous avons aussi, comme on s'en rendra compte en se reportant au travail original, réuni en une seule quelques-unes des zones distinguées par Reuss, lorsque, par l'ensemble de leurs caractères essentiels, elles nous ont paru former un seul tout : notre but n'est pas en effet ici de donner une description complète des remplissages de Przibram.

On reconnaît de la manière la plus claire, dans les filons qui traversent le culm du Hartz :

1° que le quartz seul ou mélangé avec de la galène forme le premier remplissage ;

2° qu'il est suivi par une venue de blende et de galène ;

3° que la calcite et la barytine, pures ou mélangées à du quartz, constituent la formation la plus récente.

La même succession se répète dans les géodes.

On trouve dans les filons de quartz aurifère de Hongrie une belle confirmation de la valeur générale de la loi de succession indiquée.

Dans ces filons, qui traversent le trachyte amphibolique tertiaire, on observe :

1° une venue de quartz avec pyrites ;

2° une venue de sulfures métalliques ;

3° une venue de sulfates ;

4° une venue de carbonates.

De même, F. Poszepny a établi l'ordre de succession suivant pour le remplissage des gîtes de contact de Rodna, dans le Siebenburgen, qui se trouvent dans un calcaire grenu au contact d'une andésite :

- 1° pyrite de fer et quartz ;
- 2° galène, blende et mispickel ;
- 3° dolomie et calcite.

Tous ces exemples montrent que les solutions qui ont déposé le remplissage des filons avaient une composition générale à peu près semblable et que dès lors tous les remplissages de cavités peuvent être étudiés en se plaçant au même point de vue chimique général. On a donné le nom de *formation métallifère* à l'ensemble des minéraux déposés simultanément dans une même zone ou dans un même système de zones ; ainsi entendue, cette expression, rappelant le sens géologique du mot formation, convient parfaitement puisqu'elle désigne l'âge relatif des dépôts qui remplissent une cavité. On comprend dès lors la division établie par Fr. Sandberger dans les filons de Wittichen en formation du quartz riche, formation barytique et cobalto-cuivreuse, formation des mélanges riches.

Cette expression de *formation* a été prise à l'origine, par v. Herder, Freiesleben, Breithaupt et d'autres, dans un sens un peu plus large : ces savants considéraient comme appartenant à une même formation les gîtes et particulièrement les filons qui renfermaient les mêmes minéraux avec le même mode d'association. On croyait aussi pouvoir, de ce mode d'association, conclure à l'âge d'un filon. Mais une pareille conclusion n'est pas possible et il vaut mieux dès lors renoncer à employer le mot de formation dans le sens indiqué et désigner les divers modes d'association par l'expression de *combinaison minérale*, introduite par v. Cotta.

Après avoir étudié les changements de la minéralisation

dans le sens de la puissance, il est intéressant de les étudier aussi dans ceux de la direction et de l'inclinaison.

L'expérience montre que la couche de schiste cuivreux a, dans toute sa vaste étendue, une teneur en cuivre de 2 à 3 p. 100, mais qu'elle ne contient une proportion appréciable d'argent que dans l'intérieur du fond de bateau de Mansfeld. Les changements sont beaucoup plus brusques et plus variés dans les filons qui contiennent des minerais isolés, par exemple des minerais d'argent riches sous une forme uniquement sporadique, tandis que d'autres minerais, comme la galène, sont plus constants.

53. *Modifications primitives et secondaires du remplissage avec la profondeur.* — Lorsqu'on étudie les changements de la minéralisation avec la profondeur, on est immédiatement conduit à distinguer les modifications primitives ou primaires et les modifications postérieures ou secondaires.

Les modifications *primitives* consistent dans un changement des espèces minérales du remplissage ou, plus habituellement, des minerais sulfurés que l'on doit regarder comme primitifs ; les modifications *secondaires* consistent dans le remplacement des minerais sulfurés, à la suite d'actions atmosphériques ou d'autres actions superficielles, par des minerais oxydés, des combinaisons chlorurées, bromurées ou iodurées, ou par des métaux natifs.

Les exemples très décisifs de changements primitifs avec la profondeur sont fort rares, ce qui, en raison de la faible profondeur de la plupart des exploitations, n'est peut-être dû qu'à l'insuffisance des observations. Dans l'Oberhartz, la blende augmente en profondeur, refoulant de plus en plus la galène. D'après Gaetschmann, beaucoup de filons des environs de Seiffen, dans l'Erzgebirg saxon, renferment près du jour des minerais d'étain, plus bas des minerais d'étain et de cuivre, plus bas encore des minerais de cuivre seulement. Les filons de quartz au-

rière paraissent s'appauvrir en profondeur, soit par suite d'une modification primitive, soit par suite d'une altération secondaire. Il est certain que la teneur en or métallique diminue souvent avec la profondeur; mais, comme les pyrites aurifères apparaissent et continuent en profondeur, on est fondé à croire, avec J. Grimm et v. Richthofen, que c'est par suite de la décomposition de ces pyrites près du jour que l'or natif a été isolé et concentré. Le fait observé serait dû alors à une de ces altérations secondaires que l'on rencontre si souvent dans tous les gîtes de quelque nature qu'ils soient.

Le voisinage du jour a été, pour beaucoup de filons, une zone d'enrichissement; on a remarqué en effet que des filons, très riches près de la surface, s'appauvrissaient et devenaient inexploitable en profondeur. Le fait s'est produit, par exemple, dans les filons d'argent du Chili, près de Chañarcillo, Arqueros et ailleurs.

On peut se demander si, dans cet exemple, on est réellement en présence d'une modification définitive en profondeur et l'on peut en douter en songeant, d'abord, qu'en inclinaison comme en direction les alternances des parties riches et des parties pauvres sont fréquentes, puisqu'on renonce le plus souvent à poursuivre en profondeur l'exploration d'un filon devenu stérile, parce que cette exploration, essentiellement aléatoire, ne peut se faire sans dépenses considérables. Les recherches suivant la direction, moins coûteuses que celles par puits, sont toujours plus actives et l'on comprend dès lors aisément que les modifications du remplissage suivant la direction soient mieux connues que suivant l'inclinaison.

Ces dernières sont presque toujours très frappantes près du jour, par suite de l'altération du remplissage par l'action des agents atmosphériques. Elles produisent un chapeau de fer dans les gîtes dont le remplissage est constitué en profondeur par des pyrites ferrugineuses, comme la py-

rite de fer, la pyrite de cuivre, la pyrite magnétique, le mispickel, etc., ou par du carbonate de fer spathique. Les amas stratifiés de pyrite que nous décrirons plus loin (n^{os} 68, 69 et 70) ont tous un chapeau de fer. Le chapeau des amas pyriteux de Ducktown descend à 19 mètres de profondeur. Depuis l'affleurement jusqu'à 15 mètres du jour, on trouve une hématite brune sableuse, scoriacée, compacte, spongieuse ou fibreuse, alternant avec des traînées de quartz ferrifère et de schistes. Puis vient, sur trois ou quatre mètres, une zone de passage, formée principalement de crednérite terreuse et contenant des pyrites de cuivre et de fer, des sulfates de cuivre et de fer, et des nodules de cuprite, de malachite, d'azurite, de cuivre natif, de chalcotrichite (variété de cuprite) et de harrisite (variété de chalcosine). Au-dessous seulement commence l'amas proprement dit dans lequel la teneur en cuivre augmente avec la profondeur.

Les filons du type de Tamaya, Tellemarken, Stahlberg, etc., montrent des altérations et des modifications essentiellement semblables à celles que désigne l'expression de chapeau de fer. De même, les gîtes riches de minerais de plomb, d'argent et d'or, dans lesquels les minerais riches sont mélangés à des pyrites ferrugineuses, ont aux affleurements un chapeau de fer. Tous ces faits justifient le vieil adage des mineurs allemands, adage qui souffre naturellement beaucoup d'exceptions :

« Nul filon n'est meilleur : il a un chapeau de fer. »

Aux hématites brunes et rouges du chapeau de fer s'ajoutent, le cas échéant, des carbonates et sulfates de plomb, de l'argent natif, de l'argent chloruré, du cuivre natif, de la cuprite, de la malachite, de l'azurite, etc., qui donnent aux affleurements des couleurs variées. Ce sont ces masses ainsi mélangées que le mineur anglais appelle *gossan*, le sud-américain *pacos* ou *colorados*. Dans certains districts, on emploie encore d'autres expressions,

comme, par exemple, à Chañarcillo, celle de minerais *calidos* (chauds). En Bolivie et au Chili, on entend par *pacos* les minerais des affleurements qui se présentent souvent jusqu'à cent mètres de profondeur sous forme d'oxydes métalliques terreux ou pulvérulents, sans soufre, presque toujours très riches en argent et contenant parfois de l'oxyde d'étain. Les *pacos* sont remplacés, en profondeur, d'abord par des combinaisons sulfurées simples, formant les minerais *mulatos*, puis par des combinaisons multiples appelées *negrillos*. Le traitement métallurgique de ces deux dernières classes de minerais offrait de telles difficultés que la plupart des exploitations se sont arrêtées après être sorties de la zone des *pacos* (voir gîtes de Potosi, Oruro, Chañarcillo, Real del Monte).

TROISIÈME PARTIE

DESCRIPTION SYSTÉMATIQUE DES GITES MÉTALLIFÈRES

54. *Classification.* — Les gîtes métallifères peuvent se diviser comme suit :

A. — GITES PRIMITIFS OU EN PLACE

Formation contemporaine de celle de la roche encaissante.	}	I. Gites stratifiés.
		1. Couchés métallifères homogènes.
		2. Couchés de sécrétion.
Formation postérieure à celle de la roche encaissante.	}	3. Amas stratifiés.
		II. Gites massifs.
		III. Remplissages de cavités.
		1. Remplissages de fentes ou filons.
		a. Filons dans les roches éruptives.
b. Filons dans les roches sédimentaires.		
		2. Remplissages de grottes.
		IV. Gites métamorphiques.

B. — GITES DÉTRITIQUES

En entreprenant de présenter une description systématique des gîtes métallifères, on ne peut prendre pour base de sa classification une quelconque de leurs propriétés, arbitrairement choisie, comme la forme extérieure ou la nature du remplissage. On doit prendre en considération l'ensemble de toutes les propriétés et l'on ne peut saisir cet ensemble qu'en envisageant les gîtes métallifères comme des individus géologiques : c'est à ce point de vue qu'il convient de se placer pour juger de la valeur de notre classification. Mais il est rationnel d'établir d'abord la dis-

inction des gîtes en place et des gîtes détritiques, bien que ces derniers puissent être rangés dans les gîtes sédimentaires. Il est impossible, en effet, d'étudier les dépôts formés de fragments arrachés à des dépôts plus anciens avant d'avoir terminé l'étude des gîtes en place.

Au point de vue théorique, les quatre classes principales de gîtes sont parfaitement distinctes les unes des autres. La plupart des gîtes peuvent être rangés avec une grande certitude, soit dans l'une, soit dans l'autre de ces classes; pour quelques-uns cependant le doute peut subsister, mais ce doute est généralement dû à l'insuffisance de nos connaissances et des recherches plus approfondies le feront disparaître.

Les gîtes métamorphiques présentent cette particularité, d'avoir tant de points communs avec les autres classes de gîtes, qu'il est souvent difficile d'en faire le départ; ils ont notamment une parenté étroite avec les remplissages de grottes. Aussi réunirons-nous dans les descriptions suivantes les gîtes métamorphiques avec ceux qui offrent avec eux des analogies géologiques. Nous éviterons ainsi de séparer des phénomènes du même ordre et augmenterons la valeur pratique de notre travail.

Les sous-divisions, et spécialement celles des types que nous introduirons tout à l'heure, sont principalement basées sur la constitution du remplissage, c'est-à-dire sur un élément sujet à des variations nombreuses. Aussi prions-nous le lecteur de ne pas oublier que ni la théorie, ni la pratique ne permettent des démarcations absolues. D'une manière générale, on doit renoncer à soumettre à une classification rigoureusement systématique la nature et les manifestations si variées des forces multiples dont elle dispose. La classification que nous adoptons n'a d'autre but que de servir de cadre à notre exposé et de le rendre ainsi plus aisément compréhensible.

PREMIÈRE SECTION

GITES PRIMITIFS OU EN PLACE

CHAPITRE PREMIER

Gîtes stratifiés.

(Voir n° 10, p. 41 et suivantes.)

§ I. — COUCHES MÉTALLIFÈRES HOMOGÈNES

55. Cette classe comprend tous les dépôts de fer carbonaté, de limonite et d'hématite rouge, intercalés dans les formations fossilifères et caractérisés comme des couches par leur stratification et par la présence de fossiles. Parfois la couche est divisée et se décompose en lentilles ou en nodules séparés. Le remplissage est du minerai de fer homogène, pur ou en mélange intime avec de l'argile, de la calcite ou des minéraux quartzifères.

56. **Type des couches de fer carbonaté, cristallin ou lithoïde.** — *Caractères : couches plus ou moins lenticulaires dans toutes les formations fossilifères; remplissage de fer carbonaté compacte ou, plus rarement, finement cristallin, en mélange intime avec de l'argile ou avec des matières charbonneuses; texture exceptionnellement oolithique, par suite de la présence de silicate de fer (chamoisite).*

La couche de fer carbonaté cristallin de la formation houillère productive de Westphalie donne un premier et excellent exemple des couches métallifères de notre premier type. On la connaît sur une grande étendue, participant à tous les plissements et à toutes les dislocations des couches de houille, entre Werden et Witten-sur-la-Ruhr (1). Le fer carbonaté de cette couche a une texture finement grenue et cristalline, comparable à celle d'un marbre à grain fin, une cassure miroitante et une couleur grise, produite par des traces de matières charbonneuses. Du côté du mur, la couche est accompagnée d'une manière très régulière par un petit banc de charbon, dont l'épaisseur atteint 0^m,43. La puissance de la couche même varie de 0^m,24 à 0^m,48 et s'élève rarement jusqu'à 1^m,20 ; les variations proviennent de ce que la couche est formée de rognons et de lentilles juxtaposés de grandeurs très différentes.

Les couches de *carbonate de fer lithoïde* et de *sphérosidérite* sont très répandues dans toutes les formations. La masse de ces couches est formée d'un mélange compacte de fer carbonaté et d'argile, primitivement gris ou coloré en jaune. C'est ce mélange que l'on désigne proprement sous le nom de carbonate lithoïde.

On donne le nom de *sphérosidérite argileuse* au carbonate de fer lithoïde en rognons arrondis, ovales ou lenticulaires, dont la face principale est parallèle ou à peu près parallèle à la stratification, ou parfois, mais assez rarement, en forme de toupie à bords cannelés, dont la surface paraît comme tournée. Ces formations sont simplement des lentilles de sphérosidérite composées de couches minces adhérent les unes aux autres (2). Leurs dimensions sont

(1) R. Peters, *Berg und Hüttenm Zeitung*, 1837, p. 296, 323, 329, 337. — Bäumler, *Zeitschrift für Berg, Hütten-u. Salinen-Wesen im preussis-Staat*, 1869, t. XVII, p. 426 et suiv.

(2) Nöggerath, *Verhandl. d. nat. V. d. pr. Rheinl. und Westf.*, 17^e année, 1860. Correspond., p. 64.

très variables; leur diamètre peut atteindre et dépasser un mètre; leur poids peut s'élever à plusieurs centaines de kilogrammes. Tantôt les rognons sont isolés au milieu de couches de schiste argileux, tantôt ils se soudent les uns aux autres de manière à constituer des amas stratifiés plus ou moins étendus, formant le passage aux véritables couches de carbonate de fer lithoïde. On en trouve des gîtes d'allure remarquablement semblable dans toutes les formations, depuis le silurien jusqu'au tertiaire; cette constance prouve que les conditions nécessaires à leur production se sont continuellement reproduites.

Le fer carbonaté renferme fréquemment des fossiles appartenant à l'étage géologique où il se rencontre; par exemple, dans le terrain carbonifère productif d'une foule de points, des plantes houillères et des coquilles d'eau douce (anthracosies); dans le terrain tertiaire de Brambach (1), dans le Dessau, des coquilles marines, comme des cyprines, des vénus, des cardites, des nucules, des lunulites, etc., etc. Dans les couches de sphérosidérite, le centre des rognons est souvent occupé par une pétrification. On trouve, dans les rognons de sphérosidérite des schistes argileux du *Kohlenrothliegende* (permien inférieur) de Lebach, près de Saarbrück : *Archegosaurus*, *Acanthodes*, *Amblypterus*, *Walchia piniformis*, etc.; dans ceux du jurassique moyen de la Haute-Silésie, *Ammonites Parkinsoni*. La présence de ces fossiles établit que les rognons en question sont incontestablement des concrétions, dans lesquelles le carbonate de fer et l'argile se sont concentrés autour de la substance organique (voir p. 89).

Les sphérosidérites argileuses sont fréquemment, à la manière des *septaria*, traversées par des fentes dues au retrait et à la dessiccation, dans lesquelles on trouve de la

(1) Lüders, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1854, t. VI, p. 510.

calcite, du braunspath, de la sidérose, du quartz, de l'm barytine, de la pyrite de fer, de la blende, de la galène et du mispickel, etc. Mais les minerais que nous venons de citer ne se rencontrent qu'assez rarement, à l'exception de la pyrite; la barytine et le quartz ne sont pas non plus habituels.

Le *fer carbonaté des houillères* ou *blackband* forme des couches dans le terrain houiller productif d'Angleterre, de Westphalie, de l'Amérique du Nord et d'autres pays. C'est un carbonate lithoïde, coloré en noir par une proportion variable de charbon et passant parfois, en Westphalie par exemple, à de véritable houille. Il renferme aussi de nombreux fossiles, en Westphalie, par exemple, beaucoup d'antracosies. On y trouve toujours une proportion assez importante d'acide phosphorique et il n'est pas rare qu'il soit accompagné de nodules, de rognons, ou même de couches distinctes de phosphate de chaux.

Les couches de fer carbonaté cristallin ou lithoïde apparaissent dès le terrain silurien : elles sont notamment très abondantes dans le bassin silurien de Bohême. La plupart sont comprises dans le niveau inférieur *d'* de l'état D de Barrande (1), et surtout dans les couches de Rokyca (voir n° 57), où l'on rencontre la sphérosidérite en rognons isolés, en lentilles et en couches puissantes et continues.

Les gîtes de fer carbonaté les mieux connus sont ceux du terrain carbonifère productif; ils sont exploités en même temps que les couches de houille, par exemple dans le sud du pays de Galles, dans les bassins français de l'Aveyron et de Saint-Étienne, en Westphalie, à Zwickau, en Saxe, dans la Haute-Silésie (voir *fig.* 58), etc.

Les sphérosidérites de Lebach, près de Saarbrück, appartiennent au grès rouge inférieur (voir p. 111).

Les argiles grises du Keuper (2) supérieur de la Haute-

(1) Lipold, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. in Wien* 1863, p. 339.

(2) F. Ræmer, *Geologie von Oberschlesien*, 1870, p. 533 et 534.

Silésie, renferment des nodules aplatis et des rognons alignés qui parfois s'étendent à la manière des couches, ont de 0^m,05 à 0^m,25 de puissance et forment deux ou trois niveaux successifs. Les rognons de minerai de fer sont souvent creux, passent vers leur surface à un grès à peine ferrugineux et sont tapissés intérieurement de cristaux de

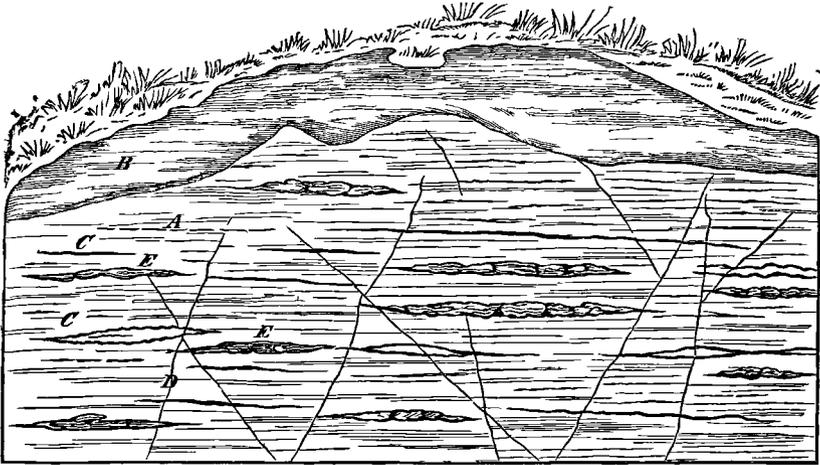


Fig. 58. — Amas stratifiés de sphérosidérite dans le bassin houiller de la Haute-Silésie. d'après W. Runge.

A. schiste; B. sable; C. filets charbonneux (trons de sigillaire); D. diaclases; E, sphérosidérites.

sidérose. Les dépôts de minerai recouvrent parfois des surfaces de 10 à 15 hectares.

Les terrains jurassiques et crétacés sont remarquablement riches en couches de minerai de fer de diverses espèces, parmi lesquelles figure le fer carbonaté lithoïde.

Dans les couches liasiques du Teutoburger Wald, notamment dans les cercles de Bielefeld, Paderborn et Warburg, on compte 50 niveaux successifs de rognons de sphérosidérite et deux amas stratifiés, de 2^m,20 de puissance, de la même substance. La sphérosidérite abonde aussi dans les couches liasiques de la chaîne du Weser :

les rognons y contiennent fréquemment un noyau compacte, gris bleu, non décomposé, entouré, par suite d'oxydation et d'hydratation, d'une enveloppe testacée de couleur brune.

Les gîtes de fer carbonaté jurassiques de la Haute-Silésie ont une grande importance; ils appartiennent à la zone à *Am. Parkinsoni* du jurabrun. Généralement ces gîtes, dont l'altitude au-dessus du niveau de la mer varie entre 270 et 300 mètres, comprennent de trois à six amas stratifiés superposés presque horizontaux, de 0^m,30 à 0^m,70 de puissance; des bancs d'argile les séparent les uns des autres.

Il convient de citer ici les grands rognons de chamoisite (1) des schistes calcaires du jurassique moyen de la Suisse. On connaît, près de Chamoison (Valais), deux grandes lentilles, dont l'une n'a pas moins de 62 mètres de longueur et de 12^m,40 de hauteur. Le minerai, souvent à texture oolithique, ne laisse voir aucune stratification, mais seulement des diaclases rhomboïdales. Il renferme des fossiles et, sur les faces des diaclases, de la sidérose et du braunspath.

Le long du versant nord des Carpathes (2), depuis la Bukowine jusqu'à Teschen, s'étend, sur une longueur d'au moins 600 kilomètres, un système de gîtes de minerai de fer qui, d'après la détermination de Hohenegger, appartiennent aux couches de Wernsdorf, du crétacé inférieur (urgonien et aptien). Ces gîtes sont soit des couches de fer carbonaté lithoïde, soit des dépôts de sphérosidérite. Les lentilles de sphérosidérite sont tantôt parallèles à la stratification, tantôt obliques et disposées de telle sorte qu'elles se recouvrent les unes les autres comme les tuiles d'une toiture, ou se recouvriraient si on pouvait les rapprocher sans e

(1) J. C. Deicke, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1858, p. 337.

(2) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 252.

altérer la stratification. Le nombre des couches est considérable et dépasse vingt; la puissance varie de 0^m,45 à 0^m,90.

Nous avons dit plus haut (p. 111) que le terrain tertiaire renferme à Brambach, dans le Dessau, des gîtes de carbonate de fer avec fossiles marins. De même à Friesdorf, près de Bonn, des dépôts de sphérosidérite accompagnent des lignites tertiaires (1).

57. Type des couches d'hématite brune et d'hématite rouge. — *Caractères : couches et parfois amas stratifiés riches en fossiles, dans toutes les formations fossilifères; remplissage d'hématite brune ou rouge, compacte ou terreuse, pure ou mélangée d'argile, de calcaire ou de silice, à texture très fréquemment oolithique.*

Quelques amas d'hématite rouge sont des pseudomorphoses de calcaire et appartiennent ainsi proprement aux gîtes métamorphiques.

Les couches décrites dans le numéro précédent, caractérisées par le carbonate de fer, sont souvent transformées aux affleurements et jusqu'à une profondeur considérable en hématite brune et parfois, mais plus rarement, en hématite rouge. Si l'on doit conclure de ce fait et des pseudomorphoses connues de fer carbonaté en limonite que l'hématite brune et l'hématite rouge peuvent provenir du carbonate de fer et en proviennent dans certains cas, il n'en reste pas moins certain qu'elles ont pu aussi se déposer directement dans l'eau (n° 141).

On trouve, en effet, beaucoup de couches de ce type qui n'ont pas de relation d'origine directe et visible avec des couches de carbonate de fer et que leur allure et la présence de fossiles doivent faire classer parmi les dépôts sédimentaires; l'hématite brune se montre ainsi dans

(1) Nöggerath, *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1815, p. 513.

toutes les formations, l'hématite rouge spécialement dans les formations anciennes. Ce sont les variétés compactes et ocreuses des deux minerais, particulièrement celles à texture oolithique, qui prédominent; les variétés cristallisées ou cristallines sont au contraire rares (le fer oligiste se trouve ordinairement dans les schistes cristallins, les hématites fibreuses dans les remplissages de filons).

Nous sommes obligés de nous borner à donner quelques exemples de ce type.

On connaît, dans le groupe de Clinton, du terrain silurien nord-américain, une couche très étendue et très régulière d'un minerai de fer oolithique, riche en fossiles, auquel on donne les noms locaux de minerai de Clinton, de Flaxseed ou de dyestone : c'est une hématite rouge transformée en limonite aux affleurements. La couche paraît s'étendre depuis la partie moyenne de l'État de New-York, à travers la Pensylvanie (Danville), jusqu'au Tennessee (Chatanooga). On la retrouve ensuite vers l'ouest, dans l'Ohio, et sur le bord ouest du lac Michigan (1). Malgré cette immense extension, le dépôt n'est encore l'objet d'aucune exploitation considérable.

Les minerais de fer du bassin silurien de Bohême sont moins étendus, mais incomparablement plus importants (2).

Nous avons dit précédemment (p. 112), que ces minerais sont compris dans les assises inférieures *d'* de l'étage D de Barrande. Lipold établit encore dans cet étage trois divisions, désignées, de bas en haut, par les noms de couches de Krusznahora, couches de Komorau et couches de Rokyca (voir *fig.* 59, II). C'est dans les deux derniers groupes que se trouvent les minerais de fer. Les couches de Komorau, dont la puissance est de 20 à 40 mètres, sont formées de schistes bariolés et de *schalstein* (tuf de

(1) Wedding, *Zeitsch. f. d. Berg, Hütten und Salinenwesen im preussisch. Staat*, 1876, B., p. 346.

(2) Lipold, *Jahr. v. d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien*, 1863, p. 339.

diabase schisteux et amygdaloïde); elles renferment, comme éléments essentiels, des couches de minerai de fer, composées d'hématite rouge, lenticulaire et oolithique, de carbonate de fer, et exceptionnellement d'hématite bruné. Les dépôts de sphérosidérite se trouvent dans les

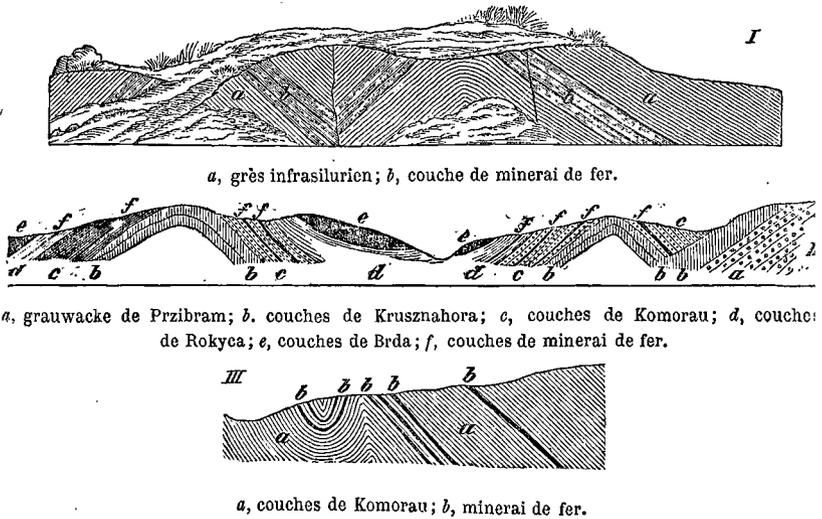


Fig. 59. Couches de minerai de fer du terrain silurien de Bohême, d'après M. Lipold.

phyllades et grès du groupe de Rokyca, dont la puissance atteint 50 mètres (voir p. 112).

La formation ferrifère comprend généralement deux ou trois, parfois même quatre couches parallèles et superposées (voir *fig.* 59). Leur puissance, très variable, va de 0^m,75 à 13 et même à 20 mètres. Elles participent à l'allure générale de toutes les couches du bassin silurien et forment ainsi un grand fond de bateau, avec beaucoup de plissements locaux, dont quelques-uns sont représentés figure 59, I, II et III, et de nombreux rejets. La richesse en minerai de fer est considérable : plusieurs dépôts sont

exploités sur 10 ou 12 kilomètres de longueur sur les flancs du bassin, dont la longueur totale est de 100 kilomètres environ.

Les amas stratifiés d'hématite rouge intercalés dans les calcaires à stringocéphales (dévonien moyen) du bassin du Rhin et du Hartz offrent des circonstances de gisement intéressantes. Ils renferment les fossiles caractéristiques de ce niveau, mais transformés en minerai de fer. Ce fait et la liaison du minerai de fer avec le calcaire paraissent indiquer que les gîtes sont formés par des calcaires sédimentaires métamorphisés en minerai. On trouve toujours, au voisinage immédiat des amas, des roches diabasiques; les amas peuvent être complètement intercalés dans le schalstein (tuf de diabase) ou être compris entre cette roche et les phyllades. Il est extrêmement probable que ce sont les diabases qui, au moment de leur éruption ou plus tard, ont fourni le fer nécessaire à la transformation du calcaire en minerai.

Au Hartz, le principal gîte de cette nature est celui du bassin dévonien d'Elbingerode (1), dans lequel il convient de citer spécialement les amas stratifiés de Büchenberg et de Tännichen. Le premier a 30 mètres de puissance et est exploité sur 4,000 mètres de longueur; il est interstratifié entre des schalsteins et des phyllades et formé principalement d'hématite rouge, tantôt siliceuse, tantôt calcaire, accessoirement de sphérosidérite et de fer oxydulé. L'hématite rouge et la sphérosidérite sont parfois transformées en limonite. Dans l'amas stratifié de Tännichen, qui forme un fond de bateau plat de 260 mètres de largeur et est entièrement intercalé dans le schalstein, le minerai, très riches en fossiles, est essentiellement calcaire.

Les conditions de gisement sont les mêmes dans les gîtes

(1) Hauchecorne, *Zeitschr. f. d. Berg. Hütten und Salinenwesen i preuss. Staat*, t. XVI, B., p. 199.

d'hématite rouge des schistes rhénans, à Brilon (1), Wetzlar, Weilburg, Dillenburg, etc. Dans le Nassau, on a remarqué que le minerai est siliceux à l'affleurement et qu'en profondeur il devient si calcaire qu'il finit par n'être plus exploitable.

On connaît dans le bassin houiller productif de la Haute-Silésie, près de Nieder-Radoschau (2), une couche d'hématite rouge de 0^m,53 de puissance, ayant pour mur du grès houiller et pour toit des schistes. Du côté du toit, la couche est formée par un argile plastique ferrifère; du côté du mur, elle se compose de lits successifs d'hématite rouge compacte, séparés par des filets d'hématite spongieuse.

D'après Stein (3), le grès bigarré d'Aschaffenburg renferme des couches d'hématite brune, de 0^m,30 à 2^m,50 de puissance, formées principalement de minerai homogène et compacte; le mur et le toit sont des grès bigarrés.

Nulle part l'hématite brune, à texture oolithique, n'est si répandue et n'occupe de si grandes surfaces que dans le terrain jurassique et spécialement dans celui de l'Allemagne et de la Lorraine. Les minerais oolithiques sont moins fréquents dans la craie et le terrain tertiaire.

On exploite à Hartzburg (4), sur le versant nord du Hartz, un beau gîte de ce genre, appartenant au lias inférieur et spécialement à la zone à Ammonites Bucklandi. L'épaisseur de cette zone est de 12 mètres; les couches sont redressées et renversées comme en beaucoup de points du versant nord du Hartz; elles comprennent quatre bancs de minerai de fer oxydé hydraté, très riche en fossiles, pulvérulent et finement oolithique, ayant ensemble 4^m,40 de puissance et

(1) B. Stein, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1860, t. XII, p. 208.

(2) F. Roemer, *Geologie Oberschlesiens*, p. 331.

(3) Stein, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 177.

(4) J. Haniel, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXVI, p. 65. — Klupel, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 22.

séparés par des couches d'argile. Les couches également liasiques de Willershausen, Calefeld et Oldershausen (Hannovre), sont à un niveau un peu supérieur, caractérisé par *Am. Jamesoni* et *ibex*.

La zone à *Am. Murchisoni*, du jura brun, est très riche en minéral de fer près de Wasseraalzingen (1), en Wurtemberg. On y exploite surtout deux couches d'hématite brune, très fossilifères, à texture finement oolithique, comprises entre des grès argileux et ayant respectivement 1^m,40 et 1^m,60 de puissance. Mais les gîtes jurassiques de beaucoup les plus importants sont ceux du Luxembourg et de la Lorraine (2). Le minéral finement oolithique, avec ciment argilo-calcaire, gris, rouge, brun, jaune, vert ou noir, est appelé *minette*; il contient *Ammonites opalinus*, *insignis*, etc., et appartient dès lors au niveau inférieur du jura brun (3). Les couches de minette qui atteignent leur plus grand développement dans le terrain compris entre la Moselle, la frontière franco-allemande et celle du Luxembourg s'étendent sur une superficie de 9,000 hectares (4).

Comme exemples de minerais de fer oolithiques appartenant au terrain crétacé, on peut citer ceux du néocomien de la Haute-Marne (Sommevoire, Vassy, Eurville, Nancy) et ceux du grès vert supérieur du département de l'Oise (5).

Parmi les minerais de fer oolithiques du terrain tertiaire, ceux du Kressenberg et de Sonthofen, dans le sud

(1) J. Haniel, *loc. cit.*, p. 96.

(2) *Zeitschr. f. d. B., H., und Salinenwesen im pr. Staat*, t. XXIII, B., p. 9.

(3) Dans la classification des terrains généralement adoptée en France, l'oolithe ferrugineuse du Luxembourg, de la Lorraine, du Jura, de la Bourgogne et du bassin du Rhône est placée à la partie supérieure de l'étage toarcien (lias supérieur). Voir par exemple de Lapparent, *Traité de géologie*, page 822. [Note du traducteur.]

(4) *Berg und Hüttenm Zeitung*, 1873, p. 49.

(5) Zirkel, *Petrographie*, I, 1866, p. 341.

de la Bavière, sont très renommés : ils appartiennent au terrain éocène et renferment des nummulites.

§ II. — COUCHES DE SÉCRÉTION

58. Les roches stratifiées les plus variées, schistes cristallins, grès, conglomérats, phyllades, marnes, calcaires, contiennent parfois, de place en place, des minerais dans des conditions qui conduisent à admettre une production contemporaine de la roche et du minerai. Celui-ci est alors un produit de sécrétion : tel est, par exemple, presque incontestablement, le cas de la couche de schiste cuivreux du Mansfeld.

Mais les diverses théories relatives à la genèse des minerais dans les roches sédimentaires présentent souvent de grandes divergences. Quelques observateurs regardent les minerais comme des produits d'imprégnation, introduits dans la roche après sa consolidation. Il pourrait dès lors sembler convenable d'adopter l'expression de *couches à inclusions métallifères*, qui a l'avantage de laisser de côté toute hypothèse ; nous préférons cependant celle de *couches de sécrétion*, en ne l'appliquant qu'aux gîtes dans lesquels les inclusions caractérisent des niveaux déterminés (voir n° 142) ; une pareille constance n'est guère conciliable avec l'idée d'une imprégnation. C'est à peine si dans cette catégorie on pourrait trouver un ou deux exemples de masses minérales homogènes plus ou moins stratifiées et encore ces masses, si l'on parvenait à les trouver, rentreraient-elles dans la catégorie suivante, celle des amas stratifiés, dont les relations avec les couches de sécrétion sont extrêmement étroites. Les minerais sont principalement des minerais sulfurés de cuivre, de plomb, zinc, antimoine, mercure, nickel et cobalt, et accessoirement des minerais de cuivre oxydés.

59. **Type Mansfeld.** — *Caractères : roches argileuses (phyllades, marnes, argiles, etc.) contenant des sécrétions de pyrites et de sulfures, généralement cuprifères, ordinairement sous forme de fine poussière, mais aussi sous toutes les autres formes possibles, telles que concrétions, nodules, veines primaires, etc.*

Le principal représentant de ce type est la couche de schiste cuivreux du zechstein inférieur de l'Allemagne. Si nous ne bornions notre étude aux gîtes métallifères proprement dits, nous comprendrions dans le même type les schistes alunifères qui se rencontrent dans toutes les formations.

Le zechstein repose, dans les contreforts du Hartz et du Thüringer Wald, en stratification discordante sur les couches des terrains plus anciens : la discordance s'observe notamment entre Mansfeld et Seesen, à Camsdorf, Saalfeld, Ilmenau, etc. On le retrouve ensuite dans des conditions de gisement identiques sur les bords du massif de schistes anciens des bords du Rhin, près de Stadberge, en Westphalie et à Frankenberg, dans la Hesse électorale, puis sur le gneiss du Spessart, près de Bieber, en Hesse. Les couches triasiques remplissent l'espace compris entre les chaînes que nous venons de citer : les différents affleurements connus de la couche de schiste cuivreux se relient certainement sous le recouvrement triasique qui en masque la continuité ; on est d'autant plus fondé à admettre cette continuité qu'en divers points, par exemple à Riechelsdorf, en Hesse, on voit les schistes cuivreux émerger du trias, comme ferait une île à la surface de la mer.

Le facies de la couche de schiste cuivreux est absolument caractéristique sur les pentes du Hartz et du Thüringer Wald et à Riechelsdorf. C'est un schiste marneux, très feuilleté, bitumineux, noir, dur et parfois sonore, de 0^m,50 de puissance moyenne, contenant constamment des algues et les poissons qui caractérisent ce niveau, *Palæoniscus*

Freieslebeni et *Platysomus gibbosus*, et dont les différents bancs renferment une quantité plus ou moins grande de minerais de cuivre et parfois d'argent, toujours très finement disséminés dans la masse.

Le mineur distingue dans la couche, malgré sa faible puissance, un certain nombre de bancs qui varient quelque peu d'un district à l'autre. C'est dans les districts de Hettstädt et de Gerbstedt, du bassin de Mansfeld, que le développement de la couche est le plus complet et le plus net (1). On y divise la couche en trois zones. La zone inférieure de 0^m,05 à 0^m,06 de puissance, comprend le banc du mur (*liegende Schaale*), le *Lochen* et la *Lochschaale*; la zone moyenne, de 0^m,10 de puissance, comporte quatre sous-divisions : le *Schieferkopf inférieur*, le *Schieferkopf supérieur*, la *Kopfschaale* et la *Kammschaale*; enfin, dans la zone supérieure, de 0^m,22 à 0,30 de puissance, on distingue la *Lochberge*, la *Noberge* et l'*Oberberge*.

Les assises inférieures de la couche sont généralement les plus riches. La poussière métallifère finement disséminée (appelée par les mineurs *Speise*, nourriture) est formée de chalcoppyrite, phillipsite, chalcosine, pyrite de fer, galène, argyrose, blende, nickéline et smaltine. La phillipsite et la chalcosine forment des filets de l'épaisseur d'une lame de couteau, parallèles à la stratification; on les rencontre aussi tantôt en enduits sur les flancs de cassures transversales, tantôt en petits rognons et grains isolés dans la couche ou disséminés dans le toit. La teneur en cuivre varie de 2 à 3 pour 100. Au Mansfeld même, l'exploitation a pris une importance particulière par suite de la teneur du minerai en argent, qui y atteint 500 grammes aux 100 kilogrammes de cuivre, mais ne se retrouve plus au même degré ou fait entièrement défaut en d'autres points.

(1) Schrader. *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten und Salinenwesen im preuss. Staat*, t. XVII, 1869, B, p. 231.

La couche repose toujours immédiatement sur des bancs de grès sableux ou de conglomérats désignés sous les noms de *Grauliegende* ou de *Weissliegende* (grès gris ou blancs du mur), ou encore sous ceux de conglomérat du zechstein (E. Beyrich) ou de *Rothliegende* décoloré. Ces couches sont parfois aussi métallifères et donnent alors les minerais sableux (*Sanderze*). On y trouve, outre les inclusions métallifères pulvérulentes, des rognons de cuivre pyriteux qui en font de véritables minerais noduleux. Les minerais sableux ont une importance notable dans les districts de Sangerhäuser.— Le calcaire qui constitue le toit (*Dachklotz*) contient aussi parfois des minerais et spécialement de petits rognons de galène, mais il ne renferme que rarement des inclusions pulvérulentes ou *speise*.

La couche d'argile cuivreuse de Frankenberg (1) (Hesse) a des caractères très différents de ceux que nous venons de décrire. Elle a de 0^m,30 à 0^m,35, parfois jusqu'à 0^m,44 de puissance et est constituée par une argile calcaire grise, avec lamelles de mica, contenant des concrétions calcaires analogues aux pierres d'Imatra. La minéralisation est liée à la présence de restes de plantes, appelés *graupen*; les restes les plus fréquents sont ceux d'*Ullmannia Bronni* (Göppert), dont on trouve d'abord les troncs et les branches, puis des rameaux recouverts de feuilles imbriquées, ensuite des folioles isolées, ovales ou lancéolées, enfin les écailles clypéiformes des strobiles. Les restes d'araucaria et de fougères sont plus rares. Tous ces restes de plantes sont transformés en une masse qui ressemble à du jais et en partie ou complètement minéralisés par de la galène, un peu d'argent natif, de la pyrite, du cuivre gris, du cuivre panaché, très rarement de l'argent rouge. La minéralisation varie dans la couche comme l'abondance des plantes, mais

(1) G. Würtemberger. *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1867, p. 10 et suiv.

elle ne s'étend pas au toit ni au mur ou du moins n'y présente jamais aucune continuité.

La couche de schiste cuivreux présente encore une constitution un peu différente à Bieber (1), en Hesse, où sa puissance varie de 0^m,30 à 1^m,50. C'est une couche de schistes marneux et bitumineux, en feuillets minces, de couleur grise noirâtre, si fortement décomposés près de la surface qu'on peut les abattre au pic. Les minerais ne s'y trouvent pas en sécrétions suivant les plans de stratification, mais dans un grand nombre de petites diaclases (veines primaires?), souvent verticales, qui traversent le schiste dans toutes les directions. Les minerais sont le cuivre gris, la chalcopyrîte, la galène et la pyrite de fer; dans le voisinage de filons dont nous parlerons plus tard, on trouve aussi des minerais de cobalt. Les minerais forment ordinairement un simple enduit sur les parois des fentes; quelquefois cependant ils atteignent l'épaisseur d'une lame de couteau. On ne rencontre dans la couche aucune pétrification et il semble que la pauvreté du minerai soit en rapport avec cette absence de fossiles.

A Stadtberge, en Westphalie, les minerais de cuivre ne sont pas, comme dans les gîtes précités, localisés dans la couche de schiste cuivreux : ils se présentent aussi dans le zechstein du toit, dont la puissance est de 10 à 12 mètres, dans des conditions peu avantageuses pour l'exploitation. Le schiste cuivreux et le zechstein sont traversés par des filons qui sont également cuprifères dans les grauwackes et les schistes siliceux sous-jacents. Ceux-ci notamment sont assez imprégnés au voisinage des filons pour devenir exploitables. Il est probable que leur teneur en cuivre provient des schistes cuivreux qui sont au-dessus. Rappelons toutefois qu'ailleurs on rencontre aussi des schistes siliceux imprégnés de minerais de cuivre, par exemple

(1) Schmidt. *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1808, p. 45.

dañs le *culm* de l'Edder (1), où ils sont en outre aurifères, et dans celui de Lautenthal (Hartz).

60. **Type Perm.** — *Caractères* : grès et parfois marnes avec sécrétions de minerais de cuivre oxydés, accessoirement de minerais sulfurés et de cuivre natif, formant le ciment du grès ou isolés dans la masse sous forme de poussières, de nodules, d'enduits tapissant les fentes, etc.

Ce sont surtout les grès permien et triasiques de Russie et d'Allemagne qui se distinguent par leur teneur en cuivre.

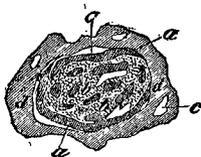


Fig. 60. — Coupe d'un tronc du grès cuprifère de Russie, d'après Förster.

a, chalcosine; b, limonite cuprifère; c, malachite; d, cuprite ferrifère (Ziegelerz).

En Russie (2), les grès cuprifères appartiennent au niveau supérieur des couches permien, équivalentes au Rothliegende allemand. Ce sont des grès généralement gris ou blanchâtres, contenant principalement des minerais oxydés, accessoirement des minerais sulfurés de cuivre; tantôt le minerai forme le ciment de la roche arénacée, tantôt il s'y présente en poussière ou en nodules et sur les parois des fentes. Les grès renferment beaucoup de restes de plantes (calamites, etc.), autour desquels le minerai, spécialement la chalcosine, se concentre volontiers; on trouve dans les troncs d'arbres de longues tiges rondes ou elliptiques de chalcosine, entourées de malachite, d'azurite, de limonite cuprifère et de cuprite ferrifère (*ziegelerz*) (voir *fig. 60*).

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 158.

(2) E. Neubert, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 141 et 169. — C. R. Förster, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 193.

À quelque distance des troncs, les grès ne renferment que des minerais de cuivre oxydés. Il y a lieu de citer parmi les minéraux de grès cuprifères, outre ceux précédemment indiqués, la phillipsite, la chrysocole, la cuprite, la volborthite, le gypse et la calcite. La présence de la volborthite n'est pas extrêmement rare; elle offre un intérêt particulier parce que Kersten a démontré l'existence du vanadium dans les schistes cuivreux allemands, où il se trouve sans doute aussi sous forme de volborthite.

Les couches permienes de Russie s'étendent en stratification très régulière, presque horizontale, sur une surface de plus de 900,000 kilomètres carrés; ces couches sont cuprifères dans les districts de Perm et d'Ekaterinenbourg, et dans les provinces ouraliennes d'Ufa et d'Orenbourg.

Le gisement des minerais de cuivre dans le grès rouge de la Bohême (1) septentrionale est très analogue, bien qu'avec une extension et une richesse beaucoup moindres. Ce sont encore certaines couches arénacées qui renferment les minerais de cuivre et ceux-ci sont particulièrement abondants dans le voisinage des restes de plantes. On a trouvé de ces gîtes de cuivre, toujours dans des conditions semblables, à Starkenbach et Hohenelbe, à Eipel, à Radowenz près de Nachod, entre Böhmischbrod et Kaurim et en divers autres points.

Le célèbre gîte de Corocoro (2), en Bolivie, département de La Paz, au sud du lac Titicaca, est indubitablement du même genre que ceux que nous venons d'examiner. Les couches cuprifères sont comprises entre des argiles et des grès gypseux, qui paraissent les équivalents du grès rouge allemand. Elles ont de 0^m,50 à 12 mètres

(1) Cotta, *Erzglagerst.*, II, p. 208 et 213. — Zippe, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1860, p. 612, Ref.

(2) H. Reck, *Bergu. Hüttenm. Zeitung*, 1864, p. 93 et 113. — Nöggerath, *Verhandl. der naturh. v. d. p. Rheinl. u. Westf.*, 1871, Corresp., p. 88-

de puissance et sont formées de grès d'un gris cendré, à grain tantôt fin, tantôt grossier, et de conglomérats à grains fins, avec minerai de cuivre et principalement avec cuivre natif en grains, en nodules, en masses d'épaisseur très variable, imitant parfois la forme de cheveux, de fils, de mousses, de feuilles ou d'arbrisseaux. Parfois ce sont de beaux cristaux qui composent ces figures. Le cuivre natif est toujours accompagné de gypse, entre les lamelles duquel il dessine de fines dendrites. On a signalé dans les mêmes grès divers autres minéraux, comme la chalcosine, l'azurite, la malachite, la cuprite, la chalcophyllite, la tyrolite, l'argent natif, etc. Il est remarquable que l'on retrouve dans les grès cuprifères de Corocoro du bois fossile minéralisé par du cuivre.

Certains grès du trias sont cuprifères comme ceux du grès rouge.

Le pays compris entre Saint-Avold et Wallerfangen (1), près de Sarrelouis, peut en servir d'exemple. Le grès des Vosges, ou grès bigarré principal, ne contient ni minerai, ni pétrification jusqu'à son assise la plus élevée, formée par un banc de conglomérat de 9 mètres de puissance, lequel est cuprifère. Mais, par contre, les couches de grès bigarré qui le recouvrent et dans lesquelles on trouve toujours des débris de plantes renferment des minerais. A leur base se trouve une couche d'argile rouge qui marque la séparation des deux étages. Puis vient un grès rouge, géodique, ferrifère, avec nodules de dolomie, sur lequel reposent les couches exploitées comme pierres de construction; celles-ci ont de 20 à 27 mètres d'épaisseur et sont formées d'un grès fin, divisé en bancs parallèles par des lits argileux. Les minerais s'y trouvent surtout sous forme de dépôts sporadiques voisins des fentes et des failles; il est cependant impossible de démontrer que ces

(1) C. Simon, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 412, 441 et 430.

fentes représentent les canaux d'arrivée des eaux minérales qui auraient imprégné les grès. Loin de là, diverses considérations militent contre cette manière de voir. Ce ne sont jamais que certains bancs déterminés, de 0^m,06 à 0^m,60 de puissance, qui renferment les minerais de cuivre, tandis que d'autres bancs non moins poreux, au toit ou au mur, n'en contiennent pas. Puis on voit les minerais s'étendre en zones absolument indépendantes des cassures, souvent perpendiculaires sur elles (voir *fig. 61*). L'observation peut se faire dans les mines de Wallerfangen et St-Avoid, par

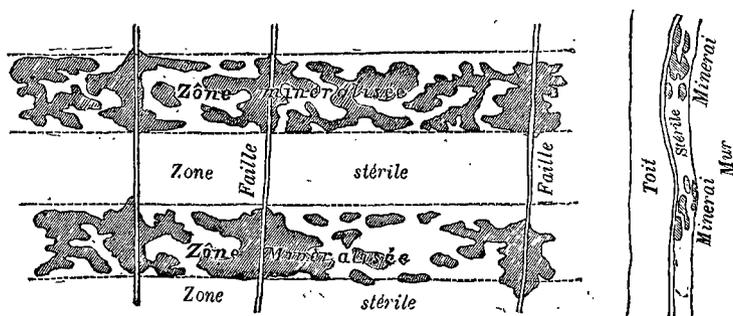


Fig. 61. — Zones minéralisées des gites de cuivre de Wallerfangen et St-Avoid, d'après C. Simon.

exemple, où plusieurs zones métallifères parallèles, séparées par des zones stériles, ont été suivies sur 4 kilomètres de longueur. L'enrichissement de ces zones au voisinage des cassures s'explique simplement par la dissolution des minerais des couches supérieures et leur dépôt ultérieur, à un niveau inférieur, dans la cassure ou dans son voisinage. Les zones métallifères sont fréquemment, mais pas toujours, parallèles à la direction des couches.

Les minerais de cuivre sont toujours des oxydes, jamais des sulfures : dans le grès bigarré supérieur, de la malachite et de l'azurite terreuse ; dans le grès des Vosges, en outre, de la crednérite.

Les minerais se trouvent en inclusions pulvérulentes, en

grains de la grosseur d'un pois à celle d'une noix, en enduits dans les fentes ou comme matière incrustante des restes de plantes. A côté des minerais de cuivre, on connaît encore dans ce district des minerais de plomb, dont nous parlerons tout à l'heure (n° 61).

On retrouve des couches de grès bigarré avec inclusions cuivreuses à Twiste (1), près d'Arolsen; à Bulach (2), dans la Forêt-Noire wurtembergeoise; à Büdingen (3), dans le grand-duché de Hesse.

De même qu'à Wallerfangen et Saint-Avold les minerais de cuivre sont accompagnés de minerais de plomb, les minerais de plomb du grès bigarré de Commern, dont nous allons nous occuper, sont aussi parfois accompagnés de minerais de cuivre. A la mine *Friedrich Wilhelm*, à Berg (4), près de Commern, dans l'Eifel, une assise de grès de 3 mètres d'épaisseur moyenne contient des nodules de minerai de cuivre, où dominent la malachite et l'azurite et où se trouvent plus rarement la chalcosine, la limonite cuivreuse et la cuprite, et accessoirement des nodules de galène. Le grès plus ou moins ferrifère et calcaire (la teneur en carbonate de chaux atteint 4 p. 100), renfermé outre les nodules des rognons de barytine, de pyrite de cuivre et de pyrite de fer; on y trouve dans les failles de la calcite, de la limonite pure ou cuivreuse et du minerai de manganèse.

61. **Type Commern.** — *Caractères : grès avec sécrétions noduleuses de minerais de plomb.*

Le bassin de grès bigarré qui repose à Commern, dans l'Eifel, sur les couches dévoniennes des bords du Rhin a une longueur de 20 à 25 kilomètres et une largeur moyenne

(1) v. Cotta, *Erzglagerstätten*, II, p. 211 et 163.

(2) Quenstedt, *Epochen d. Natur*, p. 469.

(3) C. Simon, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 412.

(4) W. Jung, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 229.

de 7 à 8. On peut y établir deux divisions : une supérieure, correspondant au Roth, caractérisée par des grès rouges à grain fin et par la prédominance des argiles et une inférieure, composée essentiellement de grès grossiers peu colorés et de gros bancs de conglomérats.

Les couches inférieures de la division inférieure du grès bigarré renferment des couches de minerai noduleux, exploitées au *Bleiberg*, entre Call et Mechernich (4), sur une longueur de 8 kilomètres et une largeur de 2, et connues en divers autres points, à Liefersbach, Winden, etc., sans y être exploitables. Au *Bleiberg*, les couches dirigées sur h. 4 à 5 plongent très doucement, sous des angles de 5 à 12°, vers le nord-ouest. Le terrain dévonien y est recouvert d'abord par une assise d'argile rouge empâtant des fragments de *grauwacke*; puis vient un banc de conglomérat de 0^m,50 à 6 mètres de puissance, appelé le conglomérat de base, qui remplit et nivèle toutes les inégalités de la roche sous-jacente. Il forme le mur de la couche noduleuse inférieure, dont l'épaisseur est de 18 mètres. Sur cette couche reposent d'abord un autre banc de conglomérat, puis la couche noduleuse supérieure, de 26 mètres de puissance. Parfois des assises de conglomérat barrent et divisent les couches : celles-ci se trouvent alors au nombre de quatre (voir p. 18).

On connaît beaucoup de failles d'importances diverses, parmi lesquelles celle de Griesbach paraît être la plus considérable. En y comprenant trois petites failles latérales, elle produit un rejet total de 42 à 46 mètres (voir p. 27). La faille de Sonnenberg offre cette particularité intéressante d'être remplie de barytine blanche.

Le grès noduleux des couches métallifères est un grès blanc, généralement friable, formé de grains quartzeux

(1) Diesterweg, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten und Salinenwesen im preuss. Staat*, 1866, t. XIV, p. 139.

cristallins de la grosseur d'un grain de millet, avec ciment argileux et parfois un peu calcaire. Un fait remarquable est que les nodules de minerai ne se montrent que dans les grès blancs et disparaissent dès que la roche est colorée. Ce sont des concrétions arénacées arrondies dont la grosseur peut atteindre celle d'un pois; ils renferment, outre le ciment ordinaire, divers minerais cristallisés, galène, plus rarement céruse et très rarement sels de cuivre. Certains nodules, dits nodules stériles, ne contiennent pas de minerais.

La répartition des nodules est très variable : ils sont tantôt serrés les uns contre les autres et disposés en groupes, tantôt isolés et éloignés les uns des autres. Lorsque les bancs de conglomérat sont minéralisés, ce n'est pas par des nodules, mais par de petites masses cristallines et lamellaires de galène, finement réparties dans le ciment ou réunies en cordons.

Ad. Gurlt (1) a remarqué très judicieusement que l'étendue du gîte et la répartition uniforme du minerai paraissent indiquer une production simultanée du minerai et du grès. Une infiltration postérieure au dépôt de la roche est très invraisemblable. Même les fentes décrites par Diesterweg, qui contiennent de la galène et des minerais de cuivre, qui traversent non seulement le ciment, mais aussi les galets du conglomérat et le long desquelles les deux parties de ces galets ont éprouvé de petits rejets, ne peuvent démontrer que le minerai ait été amené par infiltration ultérieure et faire oublier que ce minerai caractérise deux niveaux parfaitement déterminés. Ces cassures montrent seulement que, de même que dans un grand nombre de gîtes, le minerai a été redissout après son dépôt et a ensuite de nouveau cristallisé non loin des points d'où il provenait.

(1) *Verhandl. d. natürl. Vereins d. p. Rheinl. u. Westf.*, 1861, p. 60.

Les nodules ne peuvent non plus être regardés comme des galets roulés : ils sont composés en effet d'agrégats de petits cristaux nettement développés.

Nous avons déjà fait remarquer précédemment (p. 130) que le grès bigarré des environs de Sarrelouis et de Saint-Avold renferme aussi des minerais de plomb à côté des minerais de cuivre. Ces minerais de plomb sont presque toujours accompagnés de marnes calcaires et de dolomies qui manquent au voisinage des minerais de cuivre. Près du village de Falk, le grès grossier est complètement rempli de petites lamelles brillantes de carbonate de plomb ; on y trouve aussi, mais plus rarement, des concrétions sableuses de galène, de la grosseur d'un pois et de couleur foncée, correspondant aux minerais noduleux de l'Eifel. Même observation au Bleiberg, près de Saint-Avold, où l'on rencontre, en outre, au mur du banc de grès plombifère, des masses homogènes de galène pouvant atteindre 0^m,75 de diamètre, associées à du calcaire.

On connaît à Freyhung (Haut-Palatinat) (1), dans les couches du Keuper, un gîte de minerai de plomb qui rappelle les grès noduleux de Commern.

62. Types Austin. — *Caractères : dolomies et calcaires, avec sécrétions de galène, de blende et de leurs produits d'oxydation, céruse, calamine, etc. Minerais en cristaux, nodules, rognons, veinules, et partiellement en couches.*

L'étage inférieur du groupe américain de Trenton, appartenant au silurien inférieur, comprend des dolomies d'un gris jaunâtre, qui s'étendent sur de grandes surfaces et contiennent en beaucoup d'endroits, par exemple à Knoxville, dans le Tennessee ; à Austin, en Virginie ; à Friedensville, en Pensylvanie ; à Rossi, dans l'État de New-York, etc., des gîtes de plomb et de zinc dans des conditions de gise-

(1) v. Cotta, *Erzlagersstätten*, II, p. 192.

ment qui permettent difficilement de ne pas les regarder comme contemporains de la roche encaissante (1).

Les mines d'Austin, dans le sud-ouest de l'État de Virginie, en fournissent un excellent exemple. On y trouve, intercalées dans les dolomies, trois couches irrégulières, de 2^m,50 à 6 mètres de puissance, plissées comme les roches encaissantes en forme de selle. L'érosion a enlevé la partie supérieure de la selle; les couches présentent dès lors six affleurements, dirigés du sud-ouest au nord-est (v. *fig.* 62).

Les couches sont composées d'une dolomie tenace avec

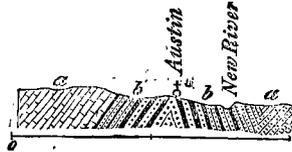


Fig. 62. — Couches plombifères dans la dolomie de Trenton, à Austin (Virginie) d'après H. Credner

a, dolomie; *b*, couches de galène.

quartz et calcite, dans laquelle se trouve la galène sous forme de grains isolés, de rognons de la grosseur du poing, et parfois de veinules et masses dont la puissance peut atteindre 0^m,44; le minerai constitue environ la seizième partie du gîte entier. Le mur est toujours formé par un amas stratifié, d'un mètre environ de puissance, de blende mélangée à du quartz et à de la dolomie. La blende se rencontre aussi en rognons isolés dans la dolomie, et cela, toujours au mur du gîte principal. Indépendamment de la galène et de la blende, la pyrite entre aussi dans les éléments de la couche.

Les actions atmosphériques se sont fait sentir au jour et jusqu'à une profondeur de 18 mètres. « La dolomie tenace

(1) H. Credner, *Zeitschr. f. d. gesammt. Naturwissensch.*, 1870, t. XXXV, p. 24.

est devenue cassante, même pulvérulente; la pyrite est remplacée par de la limonite ocreuse, une partie de la galène par de la céruse pulvérulente ou cristalline et de la pyromorphite, toute la blende par de la calamine et de la smithsonite. »

Aux calcaires et dolomies de presque toutes les formations et de tous les pays sont liés des gîtes plombifères et zincifères, dont la description sera donnée plus tard à propos du type Raibl (nos 115 à 118). Ce sont peut-être, de tous les gîtes, les plus compliqués et les plus difficiles à décrire. Il est vraisemblable que, dans beaucoup d'entre eux, les minerais se sont déposés avec les calcaires. C'est à ces gîtes qui, en toute rigueur, devraient être rattachés à ceux du type Austin, que paraissent appartenir ceux de Philippeville et de Welkeurädt, en Belgique, ceux de galène et blende de la Haute-Silésie et divers autres. Mais des altérations profondes, tant des minerais que des calcaires et des dolomies, ont généralement modifié leur caractère primitif à tel point qu'ils peuvent aussi être classés dans les remplissages de grottes ou dans les gîtes métamorphiques.

63. Type Arnsberg. — *Caractères : roches sédimentaires avec sécrétions de stibine.*

Les gîtes de ce type sont très rares. Le plus connu est celui d'Arnsberg, en Westphalie (1). La stibine s'y trouve dans cinq petites couches de 0^m,07 à 0^m,20, intercalées dans les schistes siliceux du culm et plissées de manière à former une selle en l'air. Sur les deux flancs de la selle, on retrouve les couches dans le même ordre et avec les mêmes allures caractéristiques.

La stibine y est accumulée par petits nids et est constam-

(1) F. M. Simmersbach, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. Oestrich. Berg acad.*, t. XIX, 1870, p. 344.

ment accompagnée par une roche analogue au schiste alunifère, colorée en noir par des particules charbonneuses ou bitumineuses. Ce n'est qu'à une assez grande distance du minerai que cette roche repasse au schiste siliceux normal. Le minerai le plus homogène occupe le milieu de la couche ; il se bifurque au toit et au mur en masses bacillaires isolées qui ne sortent jamais de la couche, ne pénètrent jamais ni dans son toit, ni dans son mur. On indique la blende, la calcite et la fluorine comme accompagnant rarement la stibine. La pyrite est fréquente. — Ces couches sont connues à la mine Caspari, à Arnsberg, sur une surface de 80 hectares.

64. Type Almaden. — *Caractères: roches sédimentaires avec sécrétions de cinabre.*

Dans les phyllades siluriens du versant nord de la Sierra-Morena sont intercalées à Almaden (1) des couches de grès qui contiennent de grandes quantités de cinabre. On trouve aussi en quelques points des bancs de calcaire avec cinabre subordonnés aux schistes, mais ceux-ci ne sont presque jamais minéralisés. Bien que la stratification soit extrêmement dérangée, on a jamais trouvé à Almaden le cinabre en filons: A. Nöggerath le fait particulièrement ressortir. C'est le grès blanc qui est le plus riche; parfois il est si complètement pénétré de cinabre qu'il est impossible ou presque impossible de distinguer les grains quartzeux du ciment métallifère; en quelques points on y rencontre du cinabre pur. Dans le grès noir, la répartition du minerai est moins régulière: il s'y concentre tantôt en masses homogènes, tantôt en enduits dans les plans de stratification ou sur les faces des cassures transversales. Le gisement dans le calcaire, rare d'ailleurs, est analogue.

(1) A. Nöggerath, *Zeitschr. f. Berg, Hüttenm. u. Salinenwesen im preuss. Staat*, t. X, p. 361. — J. G. Klemm, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 417.

Lorsque le cinabre pénètre dans le phyllade, ce qui est extrêmement rare, il s'y trouve en veinules ou en filets entre les feuillets du schiste.

Les grès renferment quelquefois des géodes avec quartz et petits cristaux de cinabre. Le cinabre n'est accompagné dans le gîte que d'un peu de pyrite et de barytine : on y a rencontré aussi quelques échantillons fort rares de calomel.

Il existe à Almaden, d'après A. Nöggerath, trois, d'après J.-B. Klemm, cinq amas stratifiés ayant des puissances de 8 à 10 mètres et exploitables sur quatre kilomètres environ de longueur. Ces amas sont connus, mais sans être exploitables, sur une longueur encore plus grande (huit kilomètres environ) (1).

Le gisement du cinabre à Huancavelica (Pérou) (2) paraît analogue à celui d'Almaden : des grès et des phyllades appartenant peut-être au terrain houiller y contiennent des inclusions de cinabre.

On connaît en beaucoup d'autres endroits des terrains sédimentaires avec cinabre, mais ils n'ont qu'une importance technique nulle ou très faible. Pour beaucoup d'entre eux, on peut douter s'ils appartiennent à ce type ou à celui de Moschellandsberg (n° 113).

Les conditions de gisement du célèbre gîte de mercure d'Idria, en Carniole (3), sont très compliquées et difficiles

(1) Il doit y avoir ici une confusion. Les trois gîtes dont l'ensemble forme la mine d'Almaden ont bien chacun de 9 à 10 mètres de puissance moyenne, mais ils ne sont connus et exploités que sur 180 mètres de longueur au plus. Quelques mines anciennes sont à peu près sur le prolongement des gîtes d'Almaden, mais il n'est pas possible de regarder la continuité comme établie. Voir sur ce point et sur les mines d'Almaden en général un mémoire que nous avons publié [dans les *Annales des mines*, 7^e série, t. XIII, 1878, p. 39 et suiv. (Note du traducteur)].

(2) Nöggerath, *Zeitschr. f. d. B. H. u. Salinenwesen im pr. St.*, 1862, p. 391, t. X.

(3) M. Lipold, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. in Wien*, 1874, p. 423. — R. Meier, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. in Wien*, 1868, p. 122, Verhandl.

à exposer. Le mur des couches métallifères est un calcaire plus ou moins dolomitique, avec veines de calcite et bancs siliceux. Puis vient une formation, de 10 mètres de puissance moyenne, appelée grès à Idria, mais consistant, d'après R. Meier, en un tuf nettement stratifié, composé de quartz, feldspath, mica et hornblende. Sur cette roche repose le phyllade bitumineux tendre, de 20 mètres de puissance moyenne, qui contient le minerai. Le cinabre s'y trouve soit en enduits sur les parois des joints et cassures de la roche, soit en mélange intime avec des matières bitumineuses et terreuses. Les différentes variétés de minerai ont reçu les noms de *ziegelerz*, *stahlerz*, *lebererz* et *korallenerz*.

Le *ziegelerz* (minerai imbriqué) ne renferme pas de bitume; il contient des parties dolomitiques (67,77 p. 100 de mercure), quelques pyrites et du mercure natif. Le *stahlerz* (minerai aciéreur), ainsi nommé d'après la belle couleur gris d'acier de sa cassure fraîche, est du cinabre presque pur, mélangé seulement de bitume (80,81 p. 100 de mercure). Il est parfois, mais rarement, accompagné d'un minerai bitumineux et terreux, de couleur brune, pénétré d'idrialite, auquel on a donné le nom de *lebererz* (minerai hépatique). Le *korallenerz* (minerai corallien) est formé de coraux et de débris de crustacés minéralisés. D'après Egid. v. Jahn (1), il contient de 56 à 57 p. 100 de phosphate de chaux et de 4 à 5 p. 100 de fluorure de calcium et doit être qualifié d'apatite ferrugineuse mélangée de cinabre et de bitume.

Le toit du schiste métallifère est une assise dolomitique de 40 mètres de puissance moyenne, tantôt compacte, tantôt conglomérée, tantôt bréchiforme, traversée de fentes

— A. Tschebull, *Oestr. Zeit. f. d. Berg und Hüttenw.*, 1867, p. 349 et 360.

(1) *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. in Wien*, 1870, p. 203. Verhandl.

où l'on trouve aussi du cinabre. Sur cette assise repose une formation de phyllades gris, appelés *silberschiefer* (schistes argentés), contenant parfois du mercure natif, rarement des traces de cinabre, dans les surfaces de joint et les diaclases. On y rencontre des inclusions lenticulaires d'une pyrite de fer mercurifère.

Abstraction faite des pyrites qui se trouvent aussi dans les dolomies et les phyllades métallifères, les minerais de mercure ne sont accompagnés que de graphite, d'antracite et de calcite, en quantités toujours faibles. Les minéraux secondaires du gîte sont l'epsomite, le vitriol vert et le gypse.

Les couches métallifères sont reconnues sur 1,400 mètres en direction. L'orientation générale du gîte est celle du nord-ouest au sud-est, avec pendage au nord-est; mais on y rencontre beaucoup d'irrégularités locales dues à des plissements et à des serrées. D'après Lipold, les phyllades métallifères et les dolomies qui les accompagnent font partie du trias supérieur. Les schistes argentés du toit appartiendraient au contraire au terrain houiller : un puissant dérangement les aurait amenés dans la position anormale qu'ils occupent actuellement.

65. Type des fahlbandes. — *Caractères : on entend par fahlbandes des couches de schistes cristallins (gneiss, micaschistes, schistes amphiboliques, chloriteux, talqueux, etc.) qui contiennent de fines sécrétions pyriteuses pulvérulentes. Le minéral s'y trouve aussi en enduits sur les diaclases, en cristaux, grains cristallins, nids et lentilles.*

Les sécrétions de masses minérales lenticulaires interstratifiées dans les schistes forment le passage aux amas stratifiés lenticulaires, qui sont des éléments si caractéristiques des schistes cristallins (p. 144).

Böbert (1), qui le premier a regardé les fahlbandes comme une classe particulière de gîtes, a déjà constaté ce passage. L'expression de fahlbande vient de Kongsberg où les mineurs allemands l'ont employée pour désigner des couches avec inclusions pyriteuses, devenues fauves par altération.

Aux environs de la ville de Kongsberg (2) (Norvège), célèbre par ses riches mines d'argent, la roche dominante est un gneiss très feuilleté. Il passe au granite gneissique et contient des amas stratifiés subordonnés de roches amphiboliques grenues et schisteuses, de micaschistes, de schistes chloriteux ou talqueux et de quartzites. La direction générale est celle du nord-sud ; les couches ont une très forte inclinaison vers l'est ou sont verticales. Certaines zones de ces roches, parallèles à la direction, renferment des inclusions de pyrite de fer, de pyrite magnétique, de chalcopryrite, de blende et de galène. On distingue, sur une longueur de 25 kilomètres et une largeur de 12, huit fahlbandes qui s'accusent à la surface par la couleur rouge-brune de la roche. Les principales sont celles de l'Unterberg (puissance 62 mètres) et de l'Overberg, dont la puissance dépasse, dit-on, 300 mètres. La minéralisation dans les couches isolées des fahlbandes est, en apparence au moins, très irrégulière : les parties riches et les parties stériles y alternent sans loi saisissable.

Les couches minéralisées éprouvent de fréquentes serrées. Certains phénomènes désignés comme des ramifications, le passage brusque du minerai d'une couche à une couche voisine sont souvent regardés comme des preuves d'une véritable imprégnation ; mais la valeur de ces preuves est

(1) Karstens, *Archiv.*, t. XXI, t. XXI, 1847, p. 242.

(2) A. Gurlt, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1858, p. 101. — Th. Scheerer, *Berg und Hüttenm. Zeit.*, 1866, p. 250. — P. Herter, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1871, t. XXIII, p. 383. — G. v. Rath, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1869, p. 434.

Voir aussi Rolland, *Ann. des mines*, 7^e série, t. XI, 1877, p. 301. (Note du traducteur).

au moins douteuse. Il semble que l'on ait affaire à des bifurcations insuffisamment étudiées des couches métallifères. Il est remarquable que, partout où la stratification est brouillée et où disparaît la régularité de la direction nord-sud, les fahlbandes sont également courtes et brouillées.

Les fahlbandes de Kongsberg sont relativement pauvres en minerai et ne présentent que rarement des sécrétions métallifères homogènes de grandes dimensions; aussi ne sont-elles pas exploitables par elles-mêmes. Leur importance vient de ce que ce n'est qu'à leur traversée, au moins en règle générale, que les filons argentifères sont minéralisés. Cette influence des fahlbandes sur les filons leur donne de l'intérêt dans diverses autres localités. H. Graff a montré aux Chalanches (1), à 20 kilomètres au sud-est de Grenoble, des conditions de gisement tout à fait semblables à celles de Kongsberg : deux bandes de 12 mètres de puissance, courant parallèlement à la stratification du gneiss et contenant des inclusions de pyrite de fer et de pyrite arsenicale, enrichissent les filons argentifères qui les traversent.

A. Ossent a signalé aussi des fahlbandes dans les schistes verts métallifères de la partie sud du Valais. Ce sont des schistes talqueux, accessoirement micacés, amphiboliques ou chloriteux, qui s'appuient sur le massif de granite, porphyre et gneiss des Alpes centrales du Valais : ils sont particulièrement métallifères dans le val d'Anniviers (2), près de Sierre. Les fahlbandes sont traversées par des filons et contiennent, près des filons de cobalt et de nickel, principalement de la pyrite de fer et de la pyrite magnétique; près des filons de cobalt et de bismuth, de la pyrite de fer, de la pyrite magnétique et de la pyrite arsenicale;

(1) *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 13.

(2) A. Ossent, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 13. — C. Heusler, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXVIII, 1876, p. 243.

près des filons de cuivre gris, de la blende et de la galène. En outre, les fahlbandes renferment assez fréquemment des cordons et des lentilles de pyrite ordinaire ou magnétique, de blende et de galène. Une particularité remarquable est que les essais chimiques n'y ont jamais donné que des traces d'or, d'argent, de nickel et de cobalt. La teneur de la galène en argent a toujours été reconnue moindre dans les fahlbandes que dans les filons.

Les conditions de gisement sont les mêmes à Schladming (1), en Styrie. Des zones isolées des gneiss et schistes amphiboliques y sont remplies d'inclusions de pyrite de fer et de pyrite magnétique. Les points de croisement de ces zones, analogues aux fahlbandes de Kongsberg et ayant de 6 à 16 mètres de puissance, avec les filons métallifères (n° 105), présentent des minerais de nickel.

Mais les fahlbandes ne doivent pas toute leur importance à leur influence favorable sur les filons qui les traversent ; dans certains cas, leur minéralisation propre a donné lieu à une exploitation avantageuse. Les fahlbandes cobaltifères de Skutterud et de Snarum (2), dans la paroisse de Modum, en Norvège, sont particulièrement célèbres. Le sol de la contrée est formé de gneiss, micaschistes et schistes amphiboliques. La roche dominante des fahlbandes est un micachiste très quartzifère.

Les fahlbandes ont été suivies en direction sur 8 kilomètres ; leur puissance, très variable, oscille entre 4 et 10 mètres. La réunion de fahlbandes parallèles produit des zones de fahlbandes, auxquelles on attribue d'énormes puissances pouvant atteindre 2.000 mètres. La minéralisation des différentes fahlbandes est très irrégulière ; on les divise suivant leur richesse en riches, ordinaires et pier-

(1) H. Aigner, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östreich. Bergacademie*, 1860, t. IX, p. 260.

(2) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 316.

reuses. Les minerais exploités sont la cobaltine, le mispickel cobaltifère et la tesséralite (ou skutterudite). Ils sont accompagnés de chalcoppyrite, pyrrhotine, pyrite de fer, magnétite, molybdénite et galène. L'absence de nickel en proportion appréciable est un fait remarquable. On trouve, en outre, dans les zones de fahlbandes, beaucoup d'autres minéraux, comme l'actinote, la trémolite, l'antophyllite, le salite, l'épidote, la tourmaline, le grenat, le sphène, le rutile, le graphite, etc.

Les fahlbandes de Vena, près d'Askersund (Nérike) (1), sont très analogues à celles de Snarum.

Celles d'Areskuttan, dans le Jämtland (Suède) (2), sont exploitées pour pyrite de cuivre. Elles ne contiennent pas de minerai de cobalt.

Plusieurs gîtes exploités pour nickel sont aussi caractérisés par des fahlbandes. Le principal gîte de nickel de Norvège est celui d'Espedalen, dans le cercle de Gusdal, à l'ouest de la ville de Lillehammer (3), située sur le bord nord du lac de Mjösen. Le terrain y est formé de gabbro et d'amphibolite, à structure rubannée, contenant, dans des zones de fahlbandes, de la pyrrhotine nickélique (2 à 3 p. 100 de nickel), de la nicopyrite, (21 07 p. 100 de nickel), et un peu de chalcoppyrite.

La mine de Loos (4), sur le chemin de Falun à Areskuttan (Suède), exploite des masses d'amphibolite subordonnées à des micaschistes et à des bancs de quartz. L'amphibolite contient des inclusions de phillipsite, de chalcoppyrite, de pyrite de fer, de blende, de smaltine, de sulfure de cobalt, de disomose, de quartz, de calcite et d'amphodélite.

(1) *Berg und Hüttenm. Zeit.*, 1855, p. 36.

(2) B. Turley, *Berg u. Hüttenm. Zeit.*, 1867, p. 434.

(3) Th. Scheerer, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1845, p. 801.

(4) *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1855, p. 36.

On peut encore citer ici le gîte de Horbach (1), dans le district de Saint-Blaise (Forêt-Noire). On y trouve dans le gneiss serpentineux, spécialement dans les parties remplies de mica magnésien noir et vert foncé, de la horbachite en rognons irréguliers ; elle est accompagnée de chalcopyrite, enveloppant parfois des agrégats grenus d'oligiste.

Si l'on voulait étendre la désignation de fahlbande à toutes les roches silicatées stratifiées à inclusions métallifères pulvérulentes, on devrait y ranger aussi celles de ces roches qui contiennent de l'or natif, de la pyrite de fer, de la cassitérite, de la magnétite, du fer micacé. Il paraît préférable de les étudier avec les amas stratifiés.

§ III. — AMAS STRATIFIÉS

66. Les amas stratifiés comprennent toutes les masses métallifères, homogènes ou complexes, de forme généralement lenticulaire, qui sont intercalées en stratification concordante dans les roches stratifiées, et les masses minérales analogues, formées de quartz, de calcaire grenu, etc., qui contiennent des inclusions métalliques.

C'est surtout dans le terrain primitif qu'abondent les amas métallifères stratifiés ; ils sont plus rares dans les formations paléozoïques, jusques et y compris le système carbonifère et ne se rencontrent dans les dépôts plus récents que comme des exceptions très rares, dont les amas de fer spathique des calcaires alpins triasiques offrent un exemple. Ils sont très souvent en relation avec des zones analogues aux fahlbandes, dans lesquelles ils sont intercalés et s'alignent de manière à constituer des systèmes

(1) A. Krop, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1876, p. 521.

d'amas très étendus, qui forment le passage aux dépôts en couches proprement dits. Quelques-uns de ces gîtes sont d'une classification un peu difficile : on peut se demander si ce sont de véritables amas stratifiés ou peut être des filons couches ; mais le plus grand nombre présentent nettement les caractères des gîtes stratifiés. La pyrite de fer, la chalcopyrite, la pyrrhotine, le quartz aurifère, le minerai de fer spathique, le minerai de fer magnétique, l'oligiste et l'hématite rouge compacte en sont les principaux éléments. La galène, la blende, les minerais de cobalt et de nickel y sont incontestablement plus rares. Les autres minerais n'y jouent qu'un rôle tout à fait secondaire. On y rencontre aussi un grand nombre de minéraux non métallifères, en mélange avec les minerais : les principaux sont des silicates tels que le mica, le talc, la chlorite, le grenat, l'augite, la hornblende, l'idocrase, le feldspath, etc., etc.

67. Type Ammeberg. — *Caractères : Amas stratifiés de blende et autres minerais sulfurés, dans les schistes cristallins.*

On trouve à Ammeberg (1), sur la rive nord du lac de Wettern (Suède), un gîte de blende extrêmement remarquable. On peut y suivre sur 3.000 mètres une bande de 500 mètres de puissance, intercalée dans le gneiss granitique, d'une roche appelée schiste feldspathique, c'est-à-dire d'un mélange schisteux de feldspath gris, de quartz et d'un peu de mica. Dans cette bande est intercalé l'amas blendeux, dont la puissance est très variable et dont l'inclinaison varie de 70 à 80 degrés. Il est formé de lentilles métallifères isolées, dont la puissance peut aller jusqu'à 25 mètres et qui sont reliées par des inclusions blendeuses dans le schiste feldspathique. On reconnaît nette-

(1) Stapff, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 232. — Turley, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 403.

ment en beaucoup de points que la blende remplace le mica du gneiss : le schiste feldspathique est en effet simplement un gneiss. Les amas stratifiés de fer oxydulé de Suède (voir n° 76) offrent de même un exemple du remplacement du mica du gneiss par de la magnétite.

Les géodes manquent complètement dans l'amas d'Ammeberg. La blende, noire ou jaunâtre, y est rarement accompagnée de galène, plus souvent de pyrite de fer ordinaire ou magnétique. Citons encore comme minéraux du gîte : une pierre des Amazones verte, la hornblende, le talc, le chlorite, le grenat, la tourmaline noire et une substance bitumineuse ; la calcite est rare ; de petits amas stratifiés de magnétite, de pyrrhotine et de pyrite de fer accompagnent l'amas blendeux.

On peut placer à côté du gîte d'Ammeberg celui de Sterzing (1) (Tyrol) : il est formé d'un mélange compacte de blende et de galène avec accompagnement de pyrite de cuivre et de fer, de fer magnétique, d'ankérite (dolomie ferrifère), de sidérose, d'amiante et parfois de grenat. Il a de 4 à 10^m de puissance et est interstratifié dans des micaschistes.

68. Type des amas stratifiés pyriteux. — *Caractères : amas stratifiés lenticulaires, souvent en relation avec des zones analogues aux fahlbandes, constitués essentiellement par de la pyrite de fer, de la pyrite de cuivre et de la pyrite magnétique généralement nickélique. L'un ou l'autre de ces minerais peut être prédominant, mais les deux premiers ne paraissent jamais manquer, tandis que la pyrite magnétique fait souvent défaut. La galène, la blende et les autres minéraux ne jouent, dans l'ensemble, qu'un rôle secondaire.*

Ces amas stratifiés se trouvent dans les formations lau-

(1) v. Beust, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. in Wien*, 1870, p. 505.

rentienne et huronienne, dans les terrains silurien, dévonien et carbonifère, jamais dans les terrains plus récents. Les minéraux mélangés aux minerais, parmi lesquels les principaux sont des silicates, tels que le feldspath, le mica, le talc, la chlorite, la dichroïte, varient avec la nature de la roche encaissante. Le quartz et la barytine, plus rarement la calcite, entrent parfois aussi pour une part importante dans la composition du remplissage. La texture du minerai est homogène, massive et souvent en même temps nettement stratifiée; il arrive aussi que des couches de la roche encaissante s'introduisent dans la masse pyriteuse.

On peut se demander si le gîte métallifère du gneiss à cordiérite de Bodenmais (Bavière) appartient encore aux fahlbandes ou doit être compté parmi les amas stratifiés, car il est formé aussi bien d'inclusions métallifères pulvérulentes que de dépôts lenticulaires, interstratifiés, de pyrrhotine nickélifère, de pyrite de fer et de cuivre, de blende, de galène, etc. Les minerais sont intimement mélangés de silicates, dont les plus intéressants sont l'oligoclase verte, le mica et la dichroïte.

Le gîte du Mättle (1) près de Todtmoos (Forêt-Noire) présente des caractères analogues. Il est intercalé dans le gneiss et contient de la pyrrhotine nickélifère et de la chalcopyrite, avec mica noir, oligoclase verte, quartz et dichroïte en mélange semblable à celui de Bodenmais, mais avec un grain plus fin. Un gîte imposant de même nature est celui de pyrite magnétique nickélifère mélangée à de la pyrite cuivreuse sur le versant nord des monts Saint-Anthony's Nose (2), dans l'État de New-York.

Les gneiss syénitiques qui constituent cette chaîne contiennent accessoirement de la pyrite magnétique en sé-

(1) Fr. Sandberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1867, p. 836 et 1877, p. 167.

(2) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 17.

crétions lenticulaires. Le gîte, qui d'ailleurs se confond graduellement avec la roche encaissante minéralisée par des sécrétions métallifères, a jusqu'à 15^m,50 de puissance. La partie moyenne est formée principalement de pyrite magnétique pure, à 3 p. 100 de nickel ; la chalcopyrite s'y rencontre en nodules de diverses grosseurs, particulièrement abondants au toit et au mur. La pyrite magnétique enveloppe des masses cristallines de hornblende noire et d'apatite et des cristaux de quartz : ces derniers ont l'air fondus.

Les gîtes que nous venons de décrire ont une incontestable parenté avec celui de Pittkaranda (1), sur le bord septentrional du lac Ladoga, en Finlande. Il est intercalé dans les schistes cristallins et paraît en relation avec une bande de schistes amphiboliques. Sa puissance varie de 2 à 6 mètres ; il a été reconnu en direction sur plus de 3000 mètres. « Il est formé d'un grand nombre de bancs distincts, mais rarement séparés d'une manière nette les uns des autres. Böbert y voit une fahlbande. La masse principale du gîte paraît être constituée par de la malacolite, de l'épidote et de la chlorite compacte ; le minerai dominant est la chalcopyrite, souvent en mélange irrégulier avec un peu de cassitérite. Ce dernier minerai paraît en outre exister dans toute la masse à l'état de dissémination invisible ; il présente cette particularité remarquable de ne s'y trouver qu'en cristaux simples. Le gîte contient encore les minerais et minéraux suivants : pyrite de fer, souvent en beaux et gros hexaèdres, pyrrhotine, magnétite, galène, blende, wolfram, barytine, molybdénite (rare), grenat noir, malacolite, hornblende, quartz, mica, feldspath, spath fluor et calcite ».

Nous ferons remarquer en passant que la cassitérite, qui

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 539. — G. v. Schoultz-Ascheraden, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1876, p. 280.

se trouve principalement en filons dans les roches éruptives anciennes, granites et porphyres felsitiques, ou au voisinage de ces roches, apparaît aussi en d'autres points dans des zones de fahlbandes, par exemple à Voigtsdorf-Querbach (1), près de Warmbrunn (Silésie), dans les schistes amphiboliques de Bretagne (2), etc. D'après Schoultz-Ascheraden d'ailleurs, l'étain du gîte de Pittkarranda proviendrait de filons de granite récent qui ont pénétré dans le gîte.

Le gîte de cuivre de Fahlun (3) (Suède), souvent désigné comme amas à cause de ses grandes dimensions et de ses formes irrégulières, a une allure extrêmement compliquée. Le minerai est en relation avec un amas stratifié considérable de quartz gris, fendillé, fragmentaire, intercalé dans un micaschiste très quartzifère et finement feuilleté, interstratifié lui-même dans le gneiss. On a trouvé dans le quartz de petites quantités d'alcalis et d'alumine et on l'a regardé dès lors comme une variété d'hällefinta : la roche présente en effet, parfois, une ressemblance lointaine avec un pétrosilex.

D'après Stapff, le gîte de Fahlun devrait être regardé comme formé de concrétions des roches silicatées massives, cristallines ou compactes, qui se présentent si souvent dans les schistes cristallins de Suède. Ces roches comprennent notamment de nombreuses variétés de pegmatite, dont l'ensemble conduit d'une part à des intercalations de feldspath presque pur et d'hällefinta, de l'autre à l'apparition d'amas stratifiés ou d'amas véritables de quartz et de quartzites. Ces concrétions (?) constituent des lentilles, généralement brisées, habituellement intercalées dans la roche encaissante parallèlement à la stratification. On y

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 223.

(2) v. Cotta, *ibid.*, II, p. 426.

(3) v. Cotta, *ibid.*, II, p. 525. — F. M. Stapff, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 195.

trouve souvent des cordons, de petits amas et même des filons d'autres minéraux et de pyrites variées. Le quartz du gîte contient des inclusions de magnétite et de pyrites et des lentilles métallifères dont la puissance peut atteindre 10 mètres et plus et la longueur 60 mètres : elles sont formées principalement de pyrite de fer, de pyrite magnétique et de pyrite de cuivre. Le minerai contient de minces feuillets courbes de chlorite, du quartz en grains isolés et en veinules, rarement de la blende et de la galène. Les lentilles passent graduellement, par des inclusions métallifères, à la roche encaissante dont, par suite, elles ne se détachent pas nettement. Le quartz du gîte est, en outre, traversé par de nombreux feuillets irrégulièrement tordus et entrelacés de roches talqueuses et chloriteuses, désignées par le mineur de Fahlun sous le nom de *skölar*. Ces *skölar* renferment beaucoup de beaux cristaux sécrétés à la manière de ceux des porphyres : ceux de magnétite, de gahnite, de grenat et de fahlunite sont les plus connus. On y trouve aussi des lentilles pyriteuses irrégulièrement disséminées et accompagnées d'inclusions métallifères ; leur masse principale est encore formée de pyrite de fer à grain fin, avec chalcopyrite et parfois blende et galène. L'exploitation superficielle d'une puissante masse de minerai contenue dans le *skölar* a produit un profond entonnoir. Outre le minerai et le *skölar*, le quartz du gîte contient encore une roche analogue à la diabase et du calcaire.

Le gîte d'Oryärfvi, en Finlande, entre Helsingfors et Abo, paraît ressembler beaucoup à celui de Fahlun ; il est aussi formé d'une masse quartzreuse avec minerais de cuivre, interstratifiée dans des schistes micacés et quartzifères.

69. *Suite du type des amas stratifiés pyriteux.* Les amas si compliqués que nous venons de décrire appartiennent au terrain laurentien ; un grand nombre de gîtes intercalés dans les schistes huroniens ont des allures beaucoup plus simples. Tel est le cas des gîtes de cuivre que l'on connaît

dans le sud-ouest de l'État de Virginie, dans l'est de celui de Tennessee et en Géorgie, sur une longueur de 60 milles (1). Leur exploitation est particulièrement importante dans les trois districts de Carrol County (Virginie), de Ducktown (Tennessee) et de Canton (Géorgie).

Les amas stratifiés de Ducktown (2) (Tennessee) sont les mieux connus : ils occupent aux environs de cette ville trois zones parallèles, courant du nord-est au sud-ouest et plongeant vers le sud-est; ils ont été suivis, avec quelques interruptions, sur cinq milles de longueur et sont séparés par des zones stériles de 1000 mètres environ de puissance. Le minerai est intercalé dans des schistes talqueux et micacés et forme des lentilles avec un noyau métallifère massif passant graduellement à la roche encaissante par des inclusions métallifères. Chacun des amas, pris isolément, peut avoir 500 mètres de longueur et 150 mètres environ de puissance. En profondeur, ces amas sont formés principalement de chalcopryrite en mélange avec de la pyrite de fer, de la pyrite magnétique, de l'actinote et du quartz. Plus haut, la pyrite de cuivre diminue, tandis que la pyrite de fer est plus abondante. L'affleurement présente des produits de décomposition, dont l'ensemble constitue un chapeau de fer.

Les minerais de Røraas et de Dovre, près de Trondhjem (3) (Norvège) sont intercalés dans des micaschistes, des chloritoschistes et des talcschistes huroniens. Si irrégulière que soit leur forme extérieure, ils sont constamment interstratifiés dans ces schistes et ne se présentent jamais en filons. Ce sont tantôt des masses analogues à des couches, d'une longueur et d'une profondeur considérables, avec des puissances variables, tantôt des masses extrêmement

(1) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 370.

(2) H. Credner, *Ibid.*, 1867, p. 8.

(3) A. Helland, *Layers of Pyrites in certain States in Norway*, Christiania, 1873.

puissantes, qui ne tardent pas à éprouver des serrées, en direction aussi bien qu'en inclinaison, et prennent ainsi la forme lenticulaire; fréquemment elles se bifurquent (voir p. 37 et 38). Leur puissance n'est souvent que de 0^m,10 à 0^m,50; elle peut cependant s'élever jusqu'à 40 et 43 mètres. On a exploité à la fosse *Lökkens*, aujourd'hui abandonnée, une masse pyriteuse de 28 mètres de puissance: c'était d'ailleurs la plus puissante du district. L'étendue en direction est peu considérable pour les masses de faible épaisseur; elle peut s'élever à 300 et même à 750 mètres pour les plus puissantes. L'inclinaison n'est souvent que de 10 à 20 degrés.

Au point de vue minéralogique, ces amas stratifiés se divisent en deux classes. L'une est caractérisée par la prédominance de la pyrite de fer plus ou moins cuivreuse, la teneur en cuivre pouvant atteindre 5 p. 100; l'autre, par la prédominance de la chalcopryrite et la rareté relative des pyrites de fer ordinaire et magnétique (teneur en cuivre de 5 à 7 p. 100). La pyrite de fer et la pyrite de cuivre sont toujours intimement mélangées; la pyrite magnétique en est au contraire nettement séparée. La teneur des minerais en nickel est de 0,25 p. 100. On trouve parfois à l'affleurement de la magnétite. La blende et la galène sont dans le gîte des minerais subordonnés. En général, ces amas sont très pauvres en minéraux: Durocher y indique du quartz, du grenat, de l'actinote, de la trémolite et de l'asbeste. — Les minerais constitutifs des amas se trouvent aussi en inclusions dans la roche encaissante.

Les théories relatives à la genèse de ces gîtes doivent tenir compte des faits suivants:

1° Les amas stratifiés de Undal, dans le Rennebo, contiennent des couches de schistes noirâtres, passant parfois aux schistes alunifères. Ces couches alternent nettement, à Ytteröen, avec les couches pyriteuses;

2° La pyrite est en certains points colorée en noir par des éléments charbonneux; la teneur en carbone peut s'élever jusqu'à 2,6 p. 100;

3° A la mine Mug, on trouve aux points où le minerai éprouve une serrée, des lentilles de quartz intercalées dans les schistes et prenant la place du minerai;

4° A la même mine, la pyrite contient parfois des fragments de schiste, qui donnent au minerai une structure nettement conglomérée.

Des failles rejettent les amas, sans règle saisissable. Des filons de porphyre felsitique et d'eurite traversent les masses pyriteuses, sans les modifier.

Les amas stratifiés de Garpenberg, en Dalécarlie (Suède), paraissent ressembler beaucoup à ceux de Röraas.

L'étage inférieur des schistes cristallins de la Bukowine (1) est formé de quartzites dans lesquels est intercalée une assise de 4 à 20 mètres de puissance de schistes talqueux et chloriteux. Dans cette assise seulement et sur une longueur de 70 et peut-être de 190 kilomètres, apparaissent des lentilles pyriteuses essentiellement composées de pyrites de cuivre et de fer. Elles ont de 0^m,03 à 0^m,60 de puissance et sont accompagnées d'inclusions pyriteuses abondantes dans la roche encaissante. Ces gîtes sont exploités à Poschorita.

Ceux de Schmöllnitz (2), en Hongrie, leur ressemblent tout en ayant certains caractères particuliers. Ici c'est une zone de phyllades, intercalée dans les micaschistes, qui contient des couches à inclusions pyriteuses et des amas pyriteux lenticulaires compactes.

La zone des phyllades (*fig.* 63), de 364 mètres environ de puissance, court de l'est vers l'ouest, plonge de 60 à

(1) Br. Walter, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* 1876, p. 344 et 412.

(2) A. Hauch, *Oestr. Zeitsch. f. Berg u. Hüttenw.* 1860, p. 269. — v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 151. — G. Faller, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacademie*, T. XVII, 1868, p. 193.

75 degrés vers le sud et est reconnue sur une longueur de 5000 mètres. Au toit et au mur de cette zone, qui forme le véritable gîte, se trouvent des phyllades charbonneux, noirs, traversés de veines de quartz (A). Les phyllades gris de l'amas stratifié (B) contiennent principalement deux zones, de 2 à 20 mètres de puissance, d'une grande étendue, qui sont remplies d'inclusions pyriteuses : on les distingue

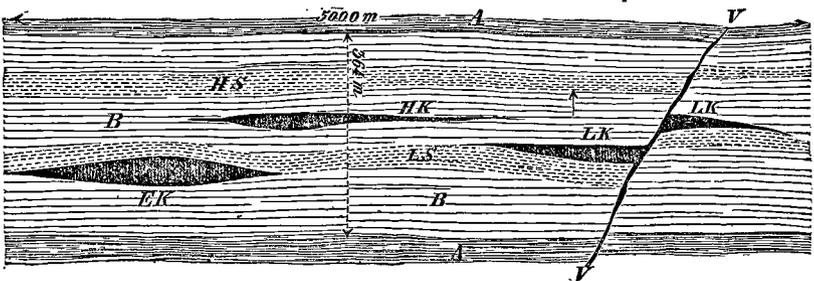


Fig 63. — Les gîtes de cuivre de Schmöllnitz, d'après B. v. Cotta.

A, phyllades noirs; B, phyllades gris; IIS, zone du toit; LS, zone du mur; LK, amas du mur
 IIK, amas du toit; EK, amas Engelberti; V, faille.

par les noms de zone du toit, zone du mur (*Hangend-Streichen*, *Liegend-Streichen*). La roche de ces zones ne se distingue pas d'une manière absolue de celle qui constitue le reste du gîte : cette dernière contient en effet partout, en plus ou moins grande quantité, de fines inclusions métallifères. Les minerais sont principalement des pyrites de fer et de cuivre, tantôt en cristaux isolés dans les schistes, tantôt en masses compactes et plus ou moins mélangées de quartz. Ces masses forment souvent de petites lentilles de dimensions variables, interstratifiées dans les schistes. Trois grandes lentilles de pyrite, appelées amas du mur, amas du toit et amas Engelberti, se distinguent spécialement dans le gîte. La plus grande est l'amas du mur, qui a 420 mètres de longueur, 142 de profondeur et 42 de puissance. L'amas du toit a 260 mètres de longueur, 112 de

profondeur et 14 mètres de puissance. L'amas Engelberti a 296 mètres de longueur, 80 mètres de profondeur et 30 de puissance.

Ces lentilles sont formées de pyrite de fer stratifiée; on y trouve des bancs minces de cuivre panaché riche et des nids de chalcopryrite bonne à fondre. La proportion du schiste augmente vers le toit et vers le mur, jusqu'à remplacer complètement le minerai. L'affleurement de ces amas est formé par de la limonite. On y rencontre rarement de la blende, de la galène argentifère, du minerai de cobalt et du cuivre natif.

Des failles remplies de fragments de schiste et d'argile traversent et rejettent le gîte. Une de ces failles rejette de 20 mètres l'amas du mur (*fig. 63*).

Nous avons déjà indiqué précédemment (p. 36 et 37) que les lentilles pyriteuses du Brennthal, près de Muhlbach, dans le Pinzgau et celles de Prettau, dans le Tyrol, sont rangées en diagonale dans les couches dont elles font partie. Les gîtes de Muhlbach ont été excellemment décrits par F. M. Stapff, de la description duquel il convient de retenir ce qui suit : « Les lentilles pyriteuses sont entourées d'un talcschiste gris clair, tendre, à feuilletés courts et courbes, avec un peu de quartz formant généralement de minces assises séparées; ce talcschiste correspond évidemment au skölar de Fahlun (p. 150) et au schiste blanc d'Agordo. Il contient des cristaux cubiques de pyrite de fer et des cavités octaédriques remplies de substances friables, brunes, ferrugineuses. Le talcschiste est souvent fortement décomposé et le quartz qu'il contient brisé, rongé et sans consistance. Le micaschiste argileux voisin du gîte est fréquemment transformé en une argile plastique jaune ou blanche, avec lentilles ou grains de quartz et lamelles de mica. Cette argile alterne en stratification parfaitement concordante avec le schiste non altéré. »

Les lentilles sont formées de pyrite à 1 p. 100 de cuivre

et de quartz, au voisinage duquel la pyrite de cuivre se concentre de manière à élever la teneur du minerai jusqu'à 2,5 et 2,8 p. 100 de cuivre. La blende et la galène y sont rares

Les lentilles de pyrite prennent une structure schisteuse par l'intercalation de lamelles de talc et de mica. C'est par l'abondance croissante de ces lamelles que se fait le passage des amas pyriteux aux schistes à inclusions métallifères qui se moulent exactement sur eux.

Le phyllade micacé de Grasslitz (1), dans l'Erzgebirg de Bohême, contient des lentilles identiques aux précédentes sur tous les points essentiels.

60. *Suite du type des amas stratifiés pyriteux.* La formation des amas stratifiés pyriteux n'a pas pris fin avec le dépôt des dernières couches huroniennes ; elle a continué dans le système silurien, le système dévonien et le système carbonifère.

Les gîtes de pyrite de fer du comté de Wicklow (2), en Irlande, sont compris dans une zone de terrain de quelques centaines de pieds de puissance seulement, s'étendant sur près de 15 kilomètres de longueur au milieu des couches siluriennes. Les roches de cette zone consistent en schistes argileux, talqueux et amphiboliques alternant fréquemment et présentant, d'après Gurlt, l'analogie la plus frappante avec les roches de la zone cuivreuse de Trondhjem (voir p. 151). Dans ces schistes sont très souvent intercalés des bancs de feldspath, connus dans le comté de Wicklow sous le nom de *bellrock*. « Ces couches sont intimement mélangées de sulfures, notamment de pyrite de fer et de pyrite de cuivre, concentrés par places en amas stratifiés puissants, dont la stratification concorde avec celle du terrain et qu'on doit considérer comme de grandes lentilles terminées en pointe dans tous les sens. »

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 82.

(2) A. Gurlt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1858, p. 6, 23, 30.

L'amas stratifié le plus important est un amas pyriteux qui a reçu le nom local de *sulphur-course*; sa puissance varie entre 3^m,50 et 22^m,50; on peut le suivre en direction sur plus de 5 kilomètres, pendant lesquels il est une seule fois rejeté de 300 mètres par une faille. Le *sulphur-course* est formé de pyrite de fer grenue de couleur très claire, contenant de $\frac{1}{3}$ à $1\frac{1}{2}$ p. 100 de cuivre; le minerai, généralement pur dans la partie centrale de l'amas, se mélange progressivement et de plus en plus d'éléments terreux et amphiboliques à mesure que l'on approche des deux côtés. L'affleurement consiste en limonite (*gossan*) ou en argile molle (*flucan*), contenant des nids de minerais, comme la chalcosine, la crednérite et des pyrites aurifères et argentifères.

Le *sulphur-course* est accompagné, au toit et au mur, de beaucoup d'amas stratifiés de constitutions variées; les uns sont de même nature que l'amas principal; d'autres s'en distinguent par une plus forte proportion de cuivre pyriteux ou par la présence de la blende, de la galène argentifère, de la pyrite magnétique. Le gîte de la mine *Ballymurtagh* présente cette particularité importante, de contenir des pyrites de fer et de cuivre associées à des lamelles de schiste chloriteux et talqueux, qui donnent à la masse une structure schisteuse. Des amas stratifiés de quartz, avec des minerais tels que la pyrite, la chalcopyrite, la malachite, l'azurite, l'atacamite, la galène, accompagnant aussi le *sulphur-course*.

Remarquons encore en terminant que l'on trouve à la mine de Connoree des amas de minerai qui ont des bancs de feldspath (*bellrock*) au toit et au mur.

Les amas stratifiés pyriteux de Meggen (1), sur la Lenne, sont compris dans une zone de 1,000 mètres de largeur et de 8 kilomètres environ de longueur de schistes jaunâtres,

(1) v. Hoiningen, dit Huene, *Verhandl. d. naturh. Ver. d. pr. Rheinl. u. Westf.*, 1856, p. 300.

rougeâtres ou gris appartenant au dévonien supérieur. On y connaît trois amas principaux, dont les puissances vont de 0^m,50 à 4^m,50 ; on peut les suivre en direction sur 2,600 mètres ; ils sont composés d'une pyrite compacte colorée en noir par des matières charbonneuses et terreuses et transformés à l'affleurement, jusqu'à 60 et 80 mètres de profondeur, en limonite. On y rencontre aussi, mais très rarement, de petits filets de galène, des veinules de quartz avec blende, de la barytine, etc. Les amas sont souvent accompagnés de couches d'argile.

Remarquons, en passant, que l'on trouve aussi dans la zone des amas pyriteux beaucoup d'amas stratifiés de barytine de 0^m,30 à 3 mètres, rarement de 10 à 30 mètres de puissance, et ordinairement d'une longueur assez restreinte. La barytine de ces gîtes, généralement massive, très rarement stratifiée, est absolument compacte, colorée en gris noir par des éléments charbonneux et ne contient le plus souvent aucune autre substance étrangère. On n'y trouve que rarement de la pyrite en cristaux ou en rognons de la grosseur du poing.

Le gîte célèbre du Rammelsberg (1), près de Goslar, est également dans les schistes dévoniens supérieurs, désignés autrefois par F.-A. Rømer sous le nom de schistes de Wisenbach et qu'il convient d'appeler aujourd'hui schistes de Goslar. Les couches sont renversées (p. 22), de telle sorte que le toit actuel est le mur primitif du gîte ; le mur actuel, son toit véritable. A moins d'indication contraire, nous désignerons par les mots de toit et de mur le toit et le mur primitifs.

« Le gîte consiste en une accumulation de lentilles de minerai de dimensions variées et irrégulières, déposées à côté et au-dessus les unes des autres dans une zone de grès à spirifères de 200 à 215 mètres de largeur normale. La

(1) Fr. Wimmer, *Zeitschr. f. Berg, Hütten u. Salinenwesen im preuss. Staat*, 1877, t. XXV, p. 119.

plus grande longueur des parties atteintes jusqu'à ce jour par l'exploitation est de 1200 mètres environ; la plus grande puissance, de 15 à 20 mètres, s'élevant exceptionnellement jusqu'à 30 mètres et plus au point où l'amas se bifurque en donnant naissance à ce que l'on appelle la *veine du toit* (fig. 64). »

La roche encaissante se moule exactement sur le mi-

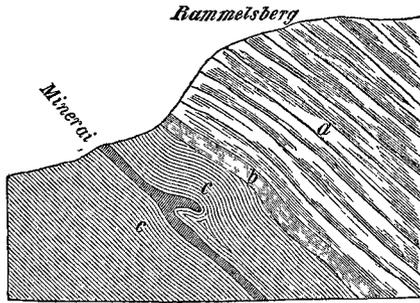


Fig. 64. — Profil du gîte du Rammelsberg, d'après F. Wimmer.

a, grès à spirifères; *b*, schistes à calcéoles; *c*, schistes de Goslar.

nerai, qui n'y pénètre jamais comme ferait un filon; celle du toit diffère de celle du mur. Les minerais eux-mêmes sont distinctement stratifiés (p. 78 et 79). La roche du mur est un schiste mélangé de pyrites, désigné sous le nom de *Kupferkniest*. Puis vient un mélange compacte de chalcoppyrite et de pyrite de fer, avec un peu de pyrite arsenicale. Au milieu du gîte sont les *minerais mélangés*, composés d'assises alternantes extrêmement fines de pyrite et de galène. Au toit dominant des mélanges à grain fin de galène, blende, pyrite et barytine, appelés *minerais plomb bleux*. Ils passent, par la prédominance de la blende, aux *minerais bruns*; par celle de la barytine, aux *minerais gris*. Vers les limites extrêmes du champ d'exploitation, aussi bien que vers celles de chacune des masses de minerais, les pyrites, particulièrement développées dans la

région médiane, disparaissent presque entièrement : on ne trouve plus que des minerais plombeux et des minerais gris. Du côté du toit, la limite extrême de la zone schisteuse minéralisée est constamment marquée par une couche de schiste tendre, traversée par de nombreux cordons de quartz et de calcite.

Tandis que les minéraux qui forment la masse même du gîte sont, sans exception, compactes ou très finement grenus, on trouve dans des diaclases qui le traversent, sans le rejeter, des minéraux en gros cristaux et en géodes, tels que : chalcoppyrite, cuivre gris, galène, blende, barytine, calcite, sidérose, quartz et calamine.

Les vieux travaux du Rammelsberg offrent de l'intérêt parce qu'ils contiennent, outre des sulfates de cuivre, de fer et de zinc enveloppant des fragments de minerai et de schiste, beaucoup d'autres minéraux de formation récente, dus à l'altération des pyrites, par exemple du botryogène, de la romérite, de la voltaïte, du misy (copiapite), du vitriolocre, du gypse et de la halotrichite.

Les provinces de Huelva (1) (Espagne) et d'Alemtejo (Portugal), sont traversées par une zone de roches schisteuses dirigée au nord-ouest, longue de 180 kilomètres, qui renferme de magnifiques amas stratifiés de pyrite de fer cuprifère. Les amas les plus connus sont, à Huelva, ceux de Rio-Tinto et de Tharsis, dans l'Alemtejo, ceux de San-Domingo, près de Mertola, sur le Guadiana, d'Aljustrel, au sud-ouest de Beja et du mont Caveira, au sud-est de Grandola.

L'âge géologique de la roche est douteux; quelques géologues regardent le terrain comme silurien. F. Rømer a établi qu'il appartient très probablement à la base des

(1) C. Weltz, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 286. — F. Schönichen, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 200, 229, 233. — F. Rømer, *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1873, p. 256. — F. Rømer, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1876, p. 354.

couches du culm caractérisées par *Posydonomia Becheri*. Les amas de minerai sont souvent accompagnés d'amas parallèles de diabase et de porphyre quartzifère. Les géologues espagnols ont admis qu'il y avait une relation entre ces roches et les gîtes de minerai, mais F. Røemer regarde cette hypothèse comme difficile à soutenir, parce que les amas sont, de tous les côtés, entourés de schistes en stratification concordante.

Ces amas ont la forme de lentilles interstratifiées plus ou moins régulières. Leur plus grande étendue en direction varie depuis 84 jusqu'à 672 mètres; la puissance varie proportionnellement depuis 16 jusqu'à 100 mètres. Jusqu'ici aucun de ces amas si intéressants n'a été exploré jusqu'à une profondeur importante.

L'affleurement des gîtes est jalonné par des effondrements de 30 à 40 mètres de profondeur et recouvert d'un remarquable chapeau de fer qui descend jusqu'à des profondeurs de 100 mètres. Tantôt il tranche nettement sur les pyrites sous-jacentes, tantôt il se confond graduellement avec elles, par suite de l'oxydation des parties voisines de fentes, comprenant entre elles des masses pyriteuses non altérées. Le phyllade qui encaisse le gîte est métamorphisé à son voisinage par l'action des sels vitrioliques; il est tendre, friable, coloré en blanc gris, en jaune ou en rouge; il est ordinairement traversé par de nombreuses veines quartzieuses.

La décomposition des pyrites se poursuit énergiquement. On a calculé que le fleuve Rio-Tinto, principalement alimenté par les réservoirs des vieux travaux, a conduit à la mer, depuis la fin de la période romaine, de 70 à 80,000 tonnes anglaises de cuivre métallique en dissolution, correspondant à une quantité de 500,000 tonnes de fer métallique enlevé au gîte. L'eau sombre et ferrugineuse du Rio-Tinto dépose de l'oxyde de fer qui cimente tous les cailloux roulés en un conglomérat solide.

La pyrite compacte ou à grains cristallins extrêmement fins, qui, dit-on, montre parfois une disposition schisteuse parallèle à la stratification de la roche encaissante, contient en moyenne de 2 à 5 p. 100 de cuivre; mais la teneur en cuivre est loin d'être uniforme. Certaines zones lenticulaires, de forme semblable à celle de la masse principale, ayant une longueur de 5 à 20 mètres et une puissance de 0^m,50 et plus, sont formées d'un minerai dur, violet, gris d'acier ou noir, dans lequel la teneur en cuivre s'élève jusqu'à 12 et 20 p. 100. D'après Weltz, ce serait la chalcosine qui donnerait aux minerais riches leur couleur noire. On trouve dans les gîtes, mais en quantités très peu considérables, du quartz, de la galène, de la blende et de la pyrite arsenicale. Le minerai n'y présente que très rarement de très petites géodes.

Les amas stratifiés de Huelva sont, eux aussi, accompagnés près de leurs limites de couches de phyllade qui renferment des inclusions pyriteuses.

Le célèbre gîte de cuivre d'Agordo (1), dans les Alpes de Vénétie, est d'une époque géologique encore tout à fait incertaine. Il est situé au sud d'Agordo, dans le val Imperina, et enveloppé de schistes argileux qu'entourent complètement des roches triasiques. Ces dernières n'ont probablement aucune relation avec le gîte et n'ont été amenées au voisinage immédiat des phyllades, certainement plus anciens, que par des dislocations violentes.

v. Cotta compare la forme extérieure du gîte à celle d'un saucisson renflé et aplati, dont le grand axe très couché, plongeant de 20 degrés vers le nord-est, représenterait la

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 425. — Bauer, *Oestr. Zeitschr. f. d. Berg u. Hüttenw.*, 1863, n° 13. — B. Walter, *Oestr. Zeitschr. f. d. Berg u. Hüttenw.*, 1863, p. 114. — Alois St. Schmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 240.

Voir aussi Haton de la Goupillière, *Ann. des mines*, 5^e série, t. VIII, 1855, p. 407 (*N. du trad.*).

direction générale de l'amas, connu suivant cette direction sur une longueur de 254 mètres. Des fouilles ont permis d'en reconnaître le prolongement sur 1750 mètres. D'après les profils donnés par A. St. Schmidt, on a pu suivre le gîte jusqu'à une profondeur de 150 mètres environ, où il s'est terminé en coin. La puissance varie depuis 4 jusqu'à 80 mètres. Le minerai est un mélange à grain très fin ou même entièrement compacte de pyrite de fer, de pyrite de cuivre et d'un peu de quartz; la teneur en cuivre varie de $\frac{1}{2}$ à 30 p. 100. Comme éléments accessoires, on trouve de la galène argentifère, de la blende, du cuivre gris argentifère, de la pyrite arsenicale et de la calcite.

Le gîte est immédiatement entouré d'un schiste bariolé tendre, parfois cependant quartzifère, qui enveloppe de petites masses minérales semblables à la masse principale et renferme beaucoup d'inclusions pyriteuses pulvérulentes. Ce schiste bariolé pénètre de divers côtés dans le gîte et s'y ramifie; v. Cotta le compare au skölar de Fahlun (p. 150). Les variétés riches en quartz, contenant beaucoup de cristaux et de nids de pyrite de fer, qui forment souvent des parties considérables de l'amas pyriteux, surtout près de ses limites, ont reçu le nom de *matton*. Le schiste bariolé passe vers l'affleurement à des phyllades noirs renfermant des rognons aplatis de quartz et des inclusions pyriteuses. A quelque distance du gîte, il prend une couleur grise verdâtre.

L'amas d'Agordo est traversé, dans les directions les plus variées, par de nombreuses surfaces de glissement polies, ou miroirs, qui ont été produites sans doute par les puissantes dislocations qui ont agi sur le gîte et sur la roche encaissante.

71. Type des amas stratifiés de quartz aurifère. — *Caractères : masses lenticulaires de quartz, contenant de l'or natif et de la pyrite de fer aurifère ; galène, blende*

et autres minerais comme éléments subordonnés ; combinaisons de tellure absolument caractéristiques dans quelques localités.

Les amas stratifiés de quartz aurifère ont leur siège principal dans la formation primitive ; on ne les retrouve que tout à fait isolément dans les couches paléozoïques les plus anciennes, par exemple dans celles du système silurien. Leur teneur caractéristique en pyrite de fer établit leur parenté avec les amas pyriteux stratifiés décrits dans les numéros précédents.

Un district où ces gîtes sont répandus d'une manière remarquable est la zone des schistes huroniens qui, courant entre la côte est de l'Amérique du Nord et la chaîne des monts Alleghany, traverse la partie méridionale des États-Unis (1), jusqu'à la Nouvelle-Écosse. « L'or, soit isolé, soit associé avec de la pyrite, en petites houppes et en grains, y forme des inclusions dans des zones nombreuses, sans caractères extérieurs apparents, des talcschistes, chloritischistes et micaschistes huroniens, des quartzites schisteux et des itacolumites, ou bien il est renfermé dans une gangue de quartz vitreux ou grenu qui constitue soit des lentilles aplaties, soit des bancs réguliers. »

Dans la Nouvelle-Écosse, l'or fut découvert en 1861, près de Halifax, dans des blocs détachés de quartz, provenant d'amas quartzeux des schistes huroniens. L'or natif y est associé à de la pyrite de fer, du mispickel et de la galène. Les amas du Val-Chaudière (Canada), du New-Hampshire et du Vermont sont analogues à ceux de la Nouvelle-Écosse, mais beaucoup moins riches. Pour donner une idée de ces gîtes en général et spécialement de ceux des États du Sud de la Confédération Nord-Américaine,

(1) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 56 et 44. — *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1866, p. 77. — *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1867, p. 442. — *Zeitschr. f. d. gesammte Naturw.* 1870, H. 1, p. 20. — *Petermann's Mittheil.* 1871, II, p. 41.

H. Credner (1) a décrit quelques-uns des plus importants de la Géorgie et de la Caroline du Sud. Les environs de la ville de Dahlonega, en Géorgie, sont formés de quartzites sableux et schisteux, d'itacolumites et de schistes très tendres et très micacés. A deux milles et demi de la ville, on trouve, dans une gorge profonde au fond de laquelle coule le Chestatee, des chloritoschistes feuilletés d'un bleu verdâtre. « Une zone déterminée de ces schistes, qui n'est d'ailleurs limitée ni par des plans de stratification ni par des diaclases et dont l'épaisseur atteint au plus 8 centimètres, contient une quantité de lentilles de 30 à 60 centimètres de longueur et d'un demi à 3 centimètres d'épaisseur, ainsi que des sécrétions isolées, grosses comme une noix, de quartz blanc vitreux; en dehors de cette zone étroite, on ne retrouve rien d'analogue. » Dans ce quartz et dans les schistes chloriteux, se rencontrent du grenat rouge, des lamelles de mica blanc, de la pyrite de fer, de la limonite et de petites écailles isolées de bismuth telluré (tétradymite). Dans le schiste chloriteux, de petites géodes aplaties renferment des sécrétions d'or natif. « L'or forme parfois des houppes botryoïdales, traversées de petits cristaux de quartz transparent et suspendues au schiste par un simple fil très fin; il est composé alors de cristaux déformés, mais brillants. »

On trouve en outre à Dahlonega l'or natif en masses filiformes et ramuleuses, associé à de la tétradymite, dans des lentilles de quartz intercalées dans un gneiss syénitique dur subordonné à des schistes analogues aux itacolumites.

A Burnt-Hickory, à 12 milles au sud-ouest d'Ackworth, dans le nord-ouest de la Géorgie, les amas stratifiés de quartz avec pyrite et or natif font partie des micaschistes huroniens. La pyrite est transformée aux affleurements en

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral*, 1867, p. 442.

limonite cellulaire et poreuse ou vitreuse et microstalactique, tapissant les parois intérieures des cavités cubiques qui résultent de la disparition des cristaux de pyrite. Les pores de la limonite contiennent de l'or et du soufre natifs.

La mine *Haile*, dans le district de Lancaster (voir n° 98), est située à 75 kilomètres au nord de Columbia, capitale de la Caroline du Sud. Le terrain y est formé de schistes talqueux et quartzifères traversés par des filons de diorite. Des amas et des bancs de quartz vitreux sont interstratifiés dans les talcschistes ; ils contiennent de l'or natif et de la pyrite aurifère ; on y trouve aussi des lentilles de pyrite de fer pure. Les schistes eux-mêmes contiennent de la pyrite aurifère et de l'or natif en houppes et en dendrites.

De même qu'en Géorgie et dans la Caroline du Sud, on trouve dans la Caroline du Nord, par exemple à la mine *Washington*, Davidson County, aux mines *Phoenix* et *Boger*, Cabarras County ; en Virginie, par exemple à la mine *Whitehall*, Spotsylvania County, à la mine *Tellurium*, Fluvanna County et en beaucoup d'autres points des gîtes aurifères analogues, dans lesquels on rencontre aussi de la tétradymite et quelques autres minerais, tels que de la chalcopyrite, du fer oligiste, etc.

Les gîtes qui s'étendent sur de grandes surfaces à l'ouest de la Serra-Mantiqueira (1), au Brésil, paraissent semblables, dans les points essentiels, à ceux de l'Amérique du Nord ; ce sont aussi des masses quartzueuses avec pyrite aurifère et or natif, intercalées dans le gneiss et les talcschistes. Les itacolumites aurifères sont encore plus répandues au Brésil qu'aux États-Unis.

L'or natif se trouve en très petite quantité dans beaucoup de roches, mais spécialement dans celles qui font partie des

(1) A. Pissis, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1842, p. 752.

schistes cristallins. Lorsque la teneur est trop faible pour être directement appréciable, elle est révélée par la présence de l'or dans les sables et alluvions des fleuves (n° 126). Mais généralement on découvre l'or dans des sécrétions de quartz ou dans des amas stratifiés métallifères. C'est ainsi qu'on a trouvé de l'or natif dans les Alpes, comme élément d'amas stratifiés de quartz, à Fusch, dans le Salzbourg; à Schwaig et à Lengholz au nord-ouest de Villach et en divers autres points. Mais nulle part ces amas de quartz aurifère ne se sont trouvés exploitables. On connaît des traces d'or natif dans les amas pyriteux et ferrugineux de Scandinavie, par exemple à Fahlun, à Arendal, etc.

Un des meilleurs exemples du gisement du quartz aurifère en amas interstratifiés dans les couches paléozoïques est celui du Heinzenberg (1), près de Zell (Tyrol). Le terrain y est formé de phyllades siluriens gris, contenant des amas stratifiés et des filons de quartz : ces derniers ne sont jamais aurifères, les premiers le sont presque constamment. On connaît neuf amas parallèles, plongeant sous un angle de 65 à 75 degrés, ayant de quelques centimètres à 10 ou 12 mètres de puissance et composés de quartz aurifère et de schistes. L'or s'y trouve, soit en inclusions pulvérulentes, soit, plus rarement, en lamelles et en petits grains visibles à l'œil nu. Le plus important de ces amas est l'amas Friedrich, dans lequel plusieurs zones riches, de 120 à 140 mètres de largeur, séparées par des traînées stériles, forment dans le gîte des colonnes diagonales (voir p. 96).

Le gîte aurifère de la Sierra-Jadeña (2), dans les monts Guadarrama, en Espagne, offre un intérêt particulier. La roche dominante de cette chaîne est un quartzite, avec

(1) A. R. Schmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 41 et 53.

(2) J. G. Klemm, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 123.

bancs de conglomérat, dont les assises puissantes alternent avec des couches de phyllade et des couches de grès. Dans ces couches sont interstratifiés de nombreux amas quartzeux dont la puissance atteint 0^m,50. Le quartz est d'un blanc laiteux et particulièrement aurifère aux points où il est corrodé et ferrugineux. L'or, toujours à l'état natif, se trouve en très petites particules, en grains plus gros et en lamelles. Les amas quartzeux sont parfois accompagnés au toit et au mur d'un schiste argileux d'un gris jaunâtre, tendre, non aurifère, qui, parfois, se développe assez pour arriver à occuper seul toute la puissance de l'amas.

72. **Type Sala-Tunaberg.** — *Caractères : amas de calcaire saccharoïde interstratifiés dans les schistes cristallins et contenant des minerais de plomb, de cuivre, de cobalt, etc.*

Ce mode de gisement est rare en comparaison de la plupart des autres types d'amas stratifiés métallifères.

En Carinthie (1) et sur divers autres points des Alpes, les calcaires saccharoïdes intercalés dans les gneiss, les micaschistes et les phyllades chloriteux ne renferment que rarement, par exemple à Meisselding, des quantités de galène susceptibles d'être exploitées. Il en est de même en Scandinavie, où l'on exploite à Löfas (2) (Dalécarlie) et à Guldmedshyttan (Westmannland) des calcaires grenus plombifères appartenant aux schistes cristallins.

Si Fahlun est un des gîtes pyriteux les plus compliqués et les plus difficiles à comprendre, Sala (2) est un des gîtes plombifères les plus complexes qui existent. Tout au moins sait-on cependant avec certitude que le siège des minerais est une masse de calcaire saccharoïde, interstratifié dans

(1) H. Höfer, *Die Mineralien Kärnthens*, p. 25-28.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1853, p. 37.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 528.

le gneiss. Le calcaire passe à un hälleflinta ; il renferme des assises schisteuses particulières, appelées *skölar* et est traversé par des filons de trapp qui semblent n'avoir aucune relation avec la minéralisation du gîte. Les *skölar* par contre qui, tout en éprouvant de fréquentes ramifications, ont cependant dans l'ensemble une direction générale et un pendage semblable à celui de la roche renferment eux-mêmes des minerais et exercent sur le calcaire métallifère une influence enrichissante ; ils sont formés de talc, de stéatite et d'asbeste et contiennent parfois aussi du quartz, de la calcite, du felsite compacte, de la malacolite, de l'actinote, de l'amiante, de la serpentine, de la dolomie, de la galène, de la blende et du mispickel.

La plupart des auteurs attribuent aux minerais, dont le plus important est la galène argentifère, un gisement en assises ou en zones subordonnées au calcaire (Hausmann, Durocher, Hisinger) ; Daubrée seul désigne les masses minérales comme des filons mal délimités serpentant à travers le calcaire. La galène est accompagnée de stibine, blende, pyrite, pyrite magnétique et cuivre gris. Le calcaire contient aussi de l'antimoine natif ; on y trouve exceptionnellement de l'argent natif, du cinabre, de l'amalgame, de l'argent antimonié, etc. Un grand nombre de silicates, qui se présentent aussi en mélange avec le minerai, sont propres au gîte : tels sont le salite, le grenat, la serpentine, etc.

Le gîte de Tunaberg (1), en Suède, est en relation avec des amas stratifiés de calcaire saccharoïde dans le gneiss gris. Les calcaires renferment surtout de la hornblende, du mica, de la serpentine, des minerais de plomb, d'argent, de cuivre et de cobalt ; les minerais prédominants sont incontestablement la chalcopyrite et la cobaltine (p. 86).

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 533.

Erdmann cite, en outre, un grand nombre de minéraux, tels que : galène, phillipsite, chalcosine, pyrrhotine, smaltine, pyrite, bismuth natif, molybdénite, anorthite, apatite, chlorite, chondrodite, dichroïte, épidote, grenat, graphite, hédénbergite, hisingerite, hornblende, calcite, coollite, labrador, malacolite, oligoclase, olivine, orthite, orthoclase, pléonaste, polyargite, pyrargillite, pyrorthite, quartz, serpentine, scapolite, sphène, tourmaline.

Tous ces minéraux se rencontrent dans le calcaire, diversement combinés et en quantités très variables ; les minerais y forment des gîtes d'allures éminemment irrégulières.

Les gneiss et les calcaires qui y sont intercalés sont traversés par des filons de granite, qui présentent cette particularité remarquable de perdre leur continuité en pénétrant dans le calcaire et de s'y diviser en fragments indépendants, mais dont l'ensemble constitue encore un filon granitique.

73. Type des amas stratifiés de minerai de fer spathique. — *Caractères : amas stratifiés de sidérose en relation avec des calcaires ; la sidérose est cristalline et contient comme éléments subordonnés, mais bien caractéristiques, des minerais sulfurés, tels que de la pyrite, de la chalcopyrite, des minerais de cobalt et de nickel et de la galène.*

C'est dans les schistes cristallins et dans le terrain silurien que ces gîtes sont le plus abondants. Les schistes cristallins des environs de Friesach, de Hüttenberg et de Wolfsberg, en Carinthie, et de divers autres points des Alpes orientales contiennent des amas stratifiés importants de minerai de fer spathique. Ils sont intercalés dans des masses puissantes de calcaires saccharoïdes subordonnées au gneiss et au micaschiste. Les gîtes les plus connus sont ceux d'Olsa, à l'est de Friesach, de Hüttenberg et de

Lölling. Au Knappenberg (1), près de Hüttenberg, un amas stratifié de calcaire contient des amas concordants de sidérose, reconnus en direction sur 2465 mètres et atteignant, en y comprenant les zones de calcaire saccharoïde qui les séparent, 758 mètres de puissance. Les amas ont, dans l'ensemble, la forme de lentilles allongées, informes, très irrégulièrement déchiquetées (v. *fig. 65*). C'est surtout au mur des amas que les irrégularités sont



Fig. 65. — Amas stratifiés de minerai de fer spathique de Hüttenberg, d'après F. Seeland.

nombreuses. La terminaison en direction se fait par des bifurcations, des serrées et des passages graduels du minerai au calcaire saccharoïde non minéralisé.

Comme les lentilles de calcaire se comportent exactement de même par rapport au micaschiste qui les entoure, toutes ces roches doivent être regardées comme très probablement contemporaines.

Le minerai consiste essentiellement en sidérose riche en manganèse, transformée à l'affleurement en hématite brune dans les cavités de laquelle on trouve de l'arragonite, de la calcite, du wad, de la polianite, de la pyrolusite, du quartz, de la calcédoine, etc. La sidérose et l'hématite brune d'Olsa, de Hüttenberg, de Lölling contiennent comme minerais accidentels, mais intéressants, de la barytine, de

(1) F. Seeland, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* 1876, p. 49.

la korynite, de la chloanthite, de la rammelsbergite et de l'ullmannite, puis de la bournonite, de la galène et du bismuth natif, avec un grand nombre de produits d'altération de ces minerais (1).

Les amas de sidérose subordonnés aux calcaires reparaissent dans le terrain silurien des Alpes orientales. Ils forment entre Reichenau, Eisenerz et Schwatz un système d'amas stratifiés (2), de 300 kilomètres de longueur, coupé il est vrai par de fréquentes solutions de continuités, dans lequel Eisenerz, en Styrie, est le point le plus connu. Presque tout le versant nord-ouest de l'Erzberg, entre Eisenerz et Vordernberg, est un amas de ce genre. La sidérose se mélange souvent au calcaire silurien et forme un minerai complexe appelé *Rohwand*. Comme éléments subordonnés, on trouve dans la sidérose, parfois transformée en hématite brune, du quartz, de la calcite, du fer oligiste, du mispickel, de la chalcopryrite, de la stibine et du cinabre; l'arragonite coralliforme des cavités du minerai de fer jouit d'une célébrité méritée.

Les amas stratifiés de sphérosidérite et les couches de fer carbonaté lithoïde des houillères sont remplacés dans la formation carbonifère des Alpes orientales, à Turrach (3), au sud-ouest de Murau (Styrie), à Bundschuhthal (Salzbourg), à Radenheim et Laas (Carinthie) et en d'autres points, par des amas stratifiés de sidérose, correspondant au remplacement de la houille ordinaire par de l'anthracite, dans ce bassin si dérangé et si fortement métamorphisé.

On connaît des gîtes analogues dans les formations triasiques (4) des Alpes orientales.

(1) v. Zepharovich, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1865, p. 50; 1867, p. 715 et 1870, p. 355.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 355.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 363.

(4) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 364.

Tous les amas stratifiés d'hématite brune des couches primitives ou paléozoïques paraissent provenir de l'altération d'amas de sidérose ou de pyrite; les travaux en profondeur ont au moins toujours, dans ces gîtes, fait connaître les indices les plus certains de ce mode de formation. Il convient en conséquence de ranger les amas stratifiés d'hématite brune dans l'un des deux types que nous venons d'étudier.

L'amas d'hématite brune de Wunsiedel (1), dans le Fichtelgebirge, doit être rapproché des amas de sidérose, parce que l'hématite y prend en profondeur une texture spathique. Il forme le toit d'un amas stratifié de calcaire saccharoïde dans le micaschiste. Le minerai contient des rognons de quartz ferrugineux brun, analogue à du jaspe, et beaucoup de psilomélane, dont l'origine paraît être dans la présence d'une certaine quantité de silice et de manganèse dans la sidérose primitive.

Les beaux amas stratifiés d'hématite de Victoria Furnace (2), Louisa County, en Virginie, exploités à ciel ouvert sur d'énormes surfaces, doivent, au contraire, être rapportés au type des amas pyriteux; ils forment, en effet, le chapeau de fer d'amas pyriteux interstratifiés dans les schistes huroniens (p. 151).

74. Type des schistes à fer micacé. — Caractères : *schistes cristallins contenant du fer micacé et d'autres minerais de fer répartis en fahlbandes, et, par places, des amas interstratifiés de fer oligiste et de magnétite.*

La formation primitive est étonnamment riche en amas stratifiés de fer oligiste et de fer oxydulé magnétique. Les schistes à fer micacé et les roches de la même famille offrent de grandes analogies avec les fahlbandes; ce sont

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 61.

(2) H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1866, p. 83

des agrégats grenus et schisteux de fer micacé et de quartz. Ils sont très répandus au Brésil (1), notamment près d'Itabira et d'Antonio Pereira : ils y alternent avec des itacolumites et des phyllades. Un autre district non moins important où se trouve cette roche est celui de la Caroline du Sud. O. M. Lieber (2) y a distingué de haut en bas : des itacolumites, des calcaires, des talcschistes, des itacolumites avec *itabirites*, des talcschistes avec *catawbirite* et des micaschistes. Ces roches affleurent parallèlement les unes aux autres depuis le district de Spartenbourg, par ceux d'Union et d'York, jusque dans la Caroline du Nord : la rivière Broad y forme une profonde coupure.

L'*itabirite*, roche dont le gîte principal est au Brésil, est un mélange grenu, schisteux ou compacte de fer oligiste, de fer micacé, de fer oxydulé et de grains de quartz. La *catawbirite* est un mélange schisteux intime de talc et de magnéite. Toutes ces roches, dans lesquelles la proportion de métal peut augmenter jusqu'à donner des masses de minerai homogènes, se distinguent au Brésil et dans la Caroline du Sud parce qu'elles contiennent de l'or en proportion parfois importante et qu'elles sont la matrice du diamant.

Un schiste à fer micacé très caractéristique forme, d'après v. Cotta, au mont Görgelw (3), près de Borsa, un amas stratifié de 0^m,30 de puissance entre des chloritoschistes et des calcaires saccharoïdes, intercalés eux-mêmes dans le micaschiste. Les couches sont contournées et dentelées et la description qu'en donne v. Cotta rappelle les relations de position du gneiss, du calcaire saccharoïde et de la

(1) Voir sur ces gites : A. de Bovet : *Annales des mines*, 8^e série, t. III, 383, p. 83. (Note du traducteur.)

(2) O. M. Lieber, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1857, p. 241 et, 386 et 1860, p. 9.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 261.

sidérose à Hüttenberg, en Carinthie (*fig. 65.*) O. M. Lieber (*loc. cit.*) fait une description analogue des roches de la Caroline du Sud.

Ce ne sont pas là les seuls gîtes de cette nature. Nöggerath a observé les mêmes schistes ferrifères au Hundsrück (1) et J. C. Deicke, dans le val Ferrata (2) (Grisons). On peut dès lors s'attendre à ce qu'on les retrouve sur d'autres points encore.

75. Type des amas stratifiés de magnétite et de fer oligiste. — *Caractères: amas de magnétite (franklinite), de fer oligiste et d'hématite rouge compacte, interstratifiés dans les schistes cristallins. Les amas sont souvent accompagnés de fahlbandes contenant des minerais de fer et d'amas de calcaire saccharoïde. Le minerai de fer est mélangé avec des silicates, du feldspath, du grenat, de la hornblende, de l'augite, etc., et beaucoup d'autres minéraux. On y trouve souvent beaucoup de chalcopyrite et les amas passent alors à ceux du type des amas pyriteux.*

Les roches décrites dans le numéro précédent nous conduisent aux amas de fer oligiste et de fer oxydulé si puissamment développés dans les schistes cristallins. Le gîte de fer oligiste de l'île d'Elbe (3) est un des plus célèbres.

On exploite ce gîte à ciel ouvert à Rio-Marino, sur la côte est de l'île, depuis plusieurs siècles. Des haldes gigantesques recouvrent le sol et empêchent de reconnaître les conditions de gisement. Des recherches récentes ont établi d'une manière incontestable que le minerai forme un amas stratifié reposant, suivant une surface de contact irrégulière, sur les talcschistes huroniens et recouvert de calcaire

(1) Karsten's, *Archiv.*, t. XVI, 1842, p. 515.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1858, p. 339.

(3) G. v. Rath, *Verhandl. d. naturh. Vereins d. pr. Rheinl. u. Westf.*, 1864, p. 89. — *Zeitschrift d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXII, p. 702.

saccharoïde. « Au jour, le gîte occupe un espace ellipsoïdal irrégulier, à bords dentelés, dont le grand axe, dirigé du sud-sud-est au nord-nord-ouest, a 1500 mètres de longueur, le petit axe 500 mètres en moyenne; il s'étend depuis la plage de Rio jusqu'à une hauteur de 200 mètres environ. Le minerai est du fer oligiste et de l'hématite rouge compacte, passant fréquemment par hydratation à de l'hématite brune. On y trouve aussi, en mélange, de la magnétite. Les géodes y sont tapissées de beaux cristaux de fer oligiste. Des veinules de fer micacé traversent parfois la masse; elles entourent de magnifiques cristaux de pyrite de fer.

Le district ferrugineux d'El Pedroso (1), dans la province de Séville (Espagne), offre un certain intérêt. El Pedroso est une petite ville située à 60 kilomètres au nord-est de Séville, dans la sierra Morena. On exploite dans son voisinage divers gîtes plus ou moins riches et notamment, à la mine *Juanteniente*, un amas vertical de fer oligiste, de 4 à 5 mètres de puissance, interstratifié dans le gneiss: cet amas a été poursuivi sur 600 mètres de longueur, sans que sa puissance ait varié. Le minerai se détache nettement de la roche encaissante; c'est du fer oligiste à grain fin, passant à de l'hématite rouge compacte, traversé parfois de veinules de quartz et contenant de fines inclusions pyriteuses. D'autres gîtes analogues se trouvent au voisinage, par exemple aux mines *Rosalina* et *Monte Agudo*.

Le gîte de Navalazaro, à 3 kilomètres au sud d'El Pedroso, ressemble à celui d'Arendal, en Norvège. Le minerai est un mélange cristallin et grenu de magnétite, de grenat brun et de pistazite; il forme un amas stratifié très redressé, de 6 à 8 mètres de puissance, dans un gneiss feuilleté.

On a reconnu dans la Bukowine (2) des amas stratifiés

(1) F. Rømer, *Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXVII, p. 63.

(2) B. Walter, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* 1876, p. 391 et 415. — v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 260.

lentéculaires de minerai de fer magnétique sur une longueur de 46 kilomètres; ils sont en relation avec les gneiss amphiboliques et les calcaires saccharoïdes qui constituent dans cette région l'étage supérieur des schistes cristallins. C'est à Kirlibaba que ces gîtes sont exploités le plus activement.

Une zone de gneiss de 200 mètres de puissance seulement contient, à Schmiedeberg (1) (Silésie), dix amas stratifiés fortement inclinés de minerai de fer magnétique. Chaque amas, pris isolément, est formé de la réunion de masses de dimensions variées atteignant des puissances de 4 mètres. Le minerai, à grain tantôt fin, tantôt grossier, est rarement tout à fait pur; il est généralement mélangé irrégulièrement de chlorite, de hornblende, de grenat, de pistazite, de calcite, de pyrite.

Le fer magnétique forme aussi plusieurs amas stratifiés parallèles, de quelques centimètres à 5 mètres de puissance, à Berggieshübel (2), dans l'Erzgebirg saxon. Des phyllades noirs tendres et des schistes amphiboliques enveloppent le gîte. Le minerai, transformé près de la surface en hématite brune ou rouge et mélangé de barytine, contient du grenat, du salite, de la pistazite, de l'allochroïte, du quartz, du feldspath, etc. En profondeur, on trouve, à côté de la magnétite, du cuivre panaché, de la chalcoppyrite, de la chalcosine, du cuivre gris, de la pyrite, de la blende noire, de la galène, de la chlorite, de la trémolite, de la calcite, du braunspath, du spath fluor, etc. Comme des filons cuivreux traversent le gîte, il se peut que les minerais de cuivre aient pénétré par infiltration dans le minerai de fer plus ancien.

76. *Suite du type des amas stratifiés de magnétite et d'oligiste.* — C'est en Scandinavie et aux États-Unis que

(1) Wedding, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* t. XI, 1859, p. 399.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 21.

les amas stratifiés de magnétite, de fer oligiste et d'hématite rouge atteignent leur développement le plus considérable.

En Scandinavie (1) et en Finlande, les minerais de fer intercalés dans le gneiss sont extrêmement répandus ; ils atteignent en quelques points des proportions gigantesques. Si irrégulières que puissent être, dans le détail, leurs formes extérieures, jamais ces amas ne traversent les couches encaissantes comme le feraient des filons ; toujours les feuillets du gneiss et des autres schistes cristallins se moulent sur les assises du minerai, que l'on peut suivre parfois en direction sur plusieurs myriamètres. On observe souvent un passage graduel du gîte à la roche encaissante : tantôt celle-ci contient du minerai, tantôt au contraire le minerai empâte des parties de la roche. Celle-ci devient souvent amphibolique au voisinage des gîtes qu'accompagnent aussi, d'un des côtés ou des deux côtés, du calcaire saccharoïde et de l'hälleflinta : on observe sous ce rapport, d'un gîte à l'autre, une grande diversité.

Le minerai est principalement de la magnétite, plus rarement du fer oligiste ; l'un et l'autre sont souvent intimement mélangés, quoique toujours bien distincts. Presque toujours, le minerai est mélangé de silicates, parmi lesquels le grenat, la hornblende, l'augite, l'épidote, le mica, la chlorite et le talc sont les plus répandus. Le quartz est un élément ordinaire du minerai, le feldspath y est plus rare. Parmi les minéraux métallifères qui l'accompagnent, on trouve de la pyrite de fer et de cuivre, de la blende, plus rarement de la galène, du mispickel, des minerais de cobalt, de nickel et de bismuth et de la molybdénite. L'or natif est très rare (voir p. 181, Arendal). On rencontre presque partout de la calcite et moins souvent, parfois même rarement, de la dolomie, de la diallogite, de la sidérose et de la barytine.

(1) v. Cotta, *Erzlagertätten*, II, p. 21.

Ces gîtes se distinguent par une grande abondance de minéraux de toute nature, en partie mélangés avec la magnétite et avec les minéraux qui l'accompagnent généralement, en partie comme produits secondaires dans des fentes et des filons. Citons l'apatite, le spinelle, le corindon, la fluorine, l'émeraude, la tourmaline, l'axinite, le sphène, le zircon, la serpentine, l'anthracite, la datolite, l'apophyllite, la laumonite. C'est tantôt l'un, tantôt l'autre des minéraux essentiels qui devient prédominant; des minéraux accidentels plus ou moins rares viennent s'y ajouter et donnent ainsi une variété extraordinaire de combinaisons : cette variété se fait remarquer même dans des gîtes extrêmement rapprochés et se rattachant les uns aux autres. Enfin des filons granitiques, parfois très riches en minéraux rares, comme la gadolinite, la célite, etc., traversent à la fois les amas de minerai de fer et la roche encaissante : ils contribuent à augmenter encore la variété des combinaisons que présentent les gîtes.

Nous sommes obligé de nous borner à ajouter quelques détails sur quelques-uns des gîtes les plus importants et les plus connus, comme ceux de Dannemora, dans l'Upland, au nord d'Upsala (Suède).

Un gneiss à gros éléments y renferme une large zone d'hällefrinta, avec intercalations subordonnées de chloritoschistes, de calcaires saccharoïdes et d'amas stratifiés de magnétite. Ceux-ci ont la forme lenticulaire caractéristique et constituent dans leur ensemble un grand amas, dont l'affleurement est attaqué sur près de deux kilomètres. La puissance atteint 55 mètres vers le milieu de l'amas; elle diminue graduellement vers les deux extrémités. Le minerai est de la magnétite à grain fin, manganésifère, sans autre gangue que quelques lamelles de chlorite et un peu de calcite et de braunspath en mélange intime. Des assises de schiste chloriteux (skölar), ayant 4 mètres de puissance moyenne, divisent le minerai. Celui-ci est très pur

vers le milieu de l'amas, tandis que, vers les extrémités, il est accompagné de pyrite de fer, de chalcoppyrite, de blende, de galène, de mispickel, de quartz, de grenat, d'actinote, d'asbeste, de barytine, d'anhracite, etc.

Des gîtes non moins riches, bien que moins importants à cause de leur position géographique moins avantageuse, sont ceux du mont Gellivara (1), dans le Lulea Lappmarck, sous le parallèle de 67° 20'. Ces amas, qui atteignent des puissances de 30 à 60 mètres et se poursuivent en direction sur plus de 6 kilomètres, sont interstratifiés dans le gneiss rouge et composés d'un mélange de fer oligiste et de magnétite; ils contiennent un peu d'amphibole et de quartz et, plus rarement, de l'apatite, de la calcite et du corindon.

Les amas de Grängesberget (2), dans la province de Dalarna (Suède), paraissent ressembler beaucoup aux précédents. Ils renferment du minerai de fer magnétique homogène, grenu ou compacte, et du fer oligiste empâtant dans la masse des cristaux de magnétite. On y trouve fréquemment de l'apatite et un autre phosphate appelé grängesbergite. Les amas intercalés dans les roches amphiboliques se distinguent par leur puissance, mais ils paraissent n'avoir qu'une faible longueur.

La plupart des autres gîtes de fer de Scandinavie, par exemple ceux de l'île d'Utö, au sud de Stockholm, sont plus compliqués que ceux que nous venons de décrire. L'île est formée d'un gneiss riche en feldspath, traversé par un grand nombre de filons de granite. Le gneiss et les mica-schistes qui lui sont subordonnés, les schistes amphiboliques, le hällflinta et les calcaires saccharoïdes contiennent des amas stratifiés de minerai de fer ayant jusqu'à 40 mètres de puissance et formés d'un mélange de fer oligiste, de

(1) B. Turley, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 348.

(2) H. Stöhler, *Berg. u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 17.

magnétite et de quartz plus ou moins ferrugineux. Ces éléments forment des alternances d'assises très minces, diversement contournées. Ils sont accompagnés de pyrite de fer, de pyrite magnétique, de mispickel, de galène et de chalcosine, cette dernière avec argent natif. Des filons granitiques stannifères (comparer avec Pittkaranda, p. 149), avec tourmaline, lépidolite, pétalite, etc., traversent l'amas, dans les fentes duquel on trouve des cristaux de calcite, d'apophyllite et de quartz.

Les amas stratifiés exploités dans le Wärmeland, aux environs de Philippstadt, par exemple ceux de Nordmark, de Langbanshytta, Pajsberg, etc., sont également très riches en minéraux. Ceux de Pajsberg (1) sont intercalés dans des dolomies cristallines et saccharoïdes de 40 à 200 mètres de puissance, contenant des grains et des concrétions grenues de hausmannite. Les amas eux-mêmes ont de 2 à 6 mètres de puissance et 60 mètres environ de longueur; ils sont formés de magnétite, de fer oligiste et de hausmannite, mélangés de pyrochroïte, de téphroïte, de chondroarsénite, de barytine, de diallogite, de rhodonite, de poix minérale, de grenat, de chlorite, de serpentine, etc. Un fait singulier est la présence de plomb natif dans des failles.

* Le gisement le plus compliqué est celui des célèbres amas stratifiés d'Arendal, en Norvège. Ils s'étendent le long de la côte sud-est de Norvège dans une zone de 25 kilomètres environ de longueur. La roche encaissante est un gneiss passant souvent au micaschiste et au schiste amphibolique et contenant des amas de calcaire interstratifiés.

Dans l'ensemble, les minerais se présentent sous la forme de lentilles interstratifiées, ayant de 2 à 20 mètres de puissance et de 90 à 200 mètres de longueur et entourées

(1) L. J. Igelström, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 21.

d'une sorte d'enveloppe dans laquelle les éléments du gîte et de la roche encaissante se mélangent. Les minéraux essentiels sont le mica, la hornblende, l'épidote, le grenat, la calcite et la magnétite. Par une disposition remarquable, le noyau de magnétite de l'amas lance dans les couches enveloppantes des ramifications en forme de veines. La magnétite, parfois à gros grains, est toujours accompagnée d'augite ou de coccolite, de hornblende, de grenat, de calcite, des éléments du gneiss et de très nombreux autres minéraux. Lorsque ces minéraux sont cristallisés, les angles des cristaux sont arrondis, propriété très fréquente des cristaux empâtés dans des calcaires saccharoïdes.

On remarque souvent dans le remplissage du gîte une structure un peu schisteuse, parallèle à la stratification de la roche encaissante et à la longueur des lentilles de minéral. Les diaclases qui le traversent sont aussi le point de réunion de minéraux variés, tels que la stilbite, la datolite, la préhnite, le spath fluor, etc. Des filons granitiques, avec beaucoup de minéraux, dont quelques-uns rares, traversent les amas et la roche encaissante.

Les différents amas ont des formes et une minéralisation très variées ; on peut presque dire que chacun d'eux a ses caractères propres, lui constituant une individualité distincte. Th. Kjerulf et Tellef Dahl (1), qui ont donné des descriptions très précises des gîtes, les regardent comme des filons.

Parmi les gîtes de Finlande, il suffira de citer ceux de Helsingfors, qui ont une grande analogie avec ceux de Philippstadt et d'Arendal. Les amas sont intercalés dans des roches amphiboliques ; la magnétite y est accompagnée de grenat, d'augite, d'épidote, de mica, de chlorite, de talc, etc. ; des filons granitiques les traversent.

77. *Suite du type des amas stratifiés de magnétite et d'oligiste.* — On trouve dans l'Amérique du Nord des

(1) *News Jahrb. f. Mineral.* 1882. p. 537.

masses de minerai de fer de dimensions colossales dans les formations laurentienne et huronienne (1).

Les gîtes laurentiens les plus importants sont situés dans les États de New-York, de New-Jersey et de Pensylvanie; ils forment trois districts principaux : 1° district du lac Champlain; 2° district du haut-plateau de New-York et New-Jersey; 3° district de Cornwall, dans le comté de Lebanon (Pensylvanie).

1° *District du lac Champlain.* Entre le lac Champlain et le lac Ontario s'étend le massif des monts Adirondack, formé de gneiss laurentiens, qui cessent parfois d'être nettement stratifiés et deviennent granitoïdes. De la magnétite en grands cristaux, en partie fortement mélangée d'apatite, y forme des amas lenticulaires interstratifiés qui se développent parfois de manière à mériter la qualification d'amas proprement dits. Dans ces amas, dont la puissance varie de 0^m,75 à 14 mètres, sont intercalées, en stratification concordante, des bandes de roches feldspathiques.

La formation se prolonge au nord vers le Canada et la puissance des amas y augmente notablement; elle atteint 30 mètres à Marmora et 60 à Newborough.

2° *District du haut plateau de New-York et New-Jersey.* Les minerais de fer sont ici intercalés dans des gneiss syénitiques, dont ils épousent toutes les inflexions et tous les plissements; on peut les suivre sur plusieurs myriamètres. Certaines zones analogues aux fahlblandes sont remplies de magnétite qui se concentre parfois de manière à former des amas exploitables. Mais on trouve aussi des masses de minerai de fer magnétique pur, nettement séparées de la roche encaissante et possédant à un haut degré le caractère de couches dans le gneiss : tel est par exemple le cas à la *King Mine* (New-Jersey).

(1) H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1869, t. XXI, p. 516 et *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 369. — Wedding, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten. u. Salinenwesen im preuss. Staat*, t. XXIV, 1876, p. 330.

L'amas stratifié de Peekshill, à 50 milles au nord de New-York, atteint une puissance de 25 mètres et se détache nettement de la roche encaissante. Il est formé de magnétite à grain fin, avec hornblende et pyrite magnétique; de larges cordons de quartz traversent le gîte. En profondeur la proportion de pyrite magnétique augmente; on voit apparaître en outre de la pyrite de fer et de la chalcopryrite.

Le gîte de la forêt de Dean, sur la rive droite de la rivière Hudson, a une puissance de 20 mètres environ et les allures d'un amas proprement dit. Dans son voisinage, la syénite perd son caractère typique et est composée principalement de feldspath pur, avec pistazite et veinules de magnétite.

D'après Wedding, c'est au nord de Ringwood et notamment près de Dovre que les amas stratifiés de magnétite atteignent leur plus grand développement. Ils y sont intercalés, non seulement dans le gneiss, mais aussi entre les couches de calcaires saccharoïdes. Le minerai, dont le grain est en général plus fin que celui du lac Champlain, contient du quartz, de la hornblende, du feldspath, de la phosphorite (?) et très rarement de la pyrite de fer; il est tantôt dur et solide, tantôt grenu et fragile.

C'est aussi dans le gneiss syénitique et en relation avec des amas stratifiés de calcaire que se trouvent les amas stratifiés de franklinite et de spartalite de Franklin et de Sterling (New-Jersey) (1), dans le voisinage desquels le gneiss contient aussi des amas de magnétite. La franklinite presque pure forme des amas stratifiés dont la puissance atteint 3 mètres; elle se présente soit en grains faiblement cimentés, parfois octaédriques, dont la grosseur varie de celle d'un grain de blé à celle d'une noix, soit empâtée dans une gangue de calcaire avec beaucoup d'autres miné-

(1) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 29, et 1871, p. 369.

raux, tels que la spartalite, la willémitte, la troostite, la rhodonite, la hornblende, le grenat, etc.

3° *District de Cornwall dans le comté de Lebanon (Pensylvanie)*. — Les couches laurentiennes minéralisées passent aussi de New-Jersey en Pensylvanie, où elles sont exploitées près de Cornwall; la magnétite y est déposée en couches horizontales et accompagnée de serpentine et de roches chloriteuses. Elle est si fortement mélangée de chalcopryite et des produits de décomposition de cette dernière substance que l'exploitation en peut faire la séparation. Le minerai ne contient pas de phosphore, mais on y trouve, outre la chalcopryite, de la pyrite de fer et des minerais de cobalt.

Le système huronien nord-américain présente des minerais de fer dans deux districts principaux : 1° celui des États-Unis du Sud; 2° celui du bord méridional du lac Supérieur.

1° Dans les *États-Unis du Sud*, ce sont les mêmes roches qui contiennent les amas stratifiés pyriteux, précédemment décrits (p. 151) et les minerais de fer magnétiques. Mais ceux-ci n'ont pas pris, jusqu'à ce jour, une grande importance industrielle.

2° *Les gîtes huroniens du bord méridional du lac Supérieur* donnent lieu, dans les États de Michigan et du Wisconsin, à l'exploitation de minerai de fer la plus importante de toute l'Amérique du Nord. Les couches huroniennes, consistant essentiellement en quartzites, calcaires, hématite rouge et schistes cristallins, chloritoschistes, talcschistes, etc., sont plissées de manière à former des selles et des fonds de bateau et reposent en stratification discordante sur les assises redressées du système laurentien.

Dans le district de Negaunee, près de Marquette, les couches huroniennes ferrifères forment un fond de bateau à pentes raides, dont le flanc nord a une allure très simple

et dont le flanc sud présente de nombreux plissements locaux. Le mur du fond de bateau est occupé par des quartzites, contenant parfois des traînées de dolomie siliceuse et par des chloritoschistes, intéressants parce qu'ils renferment des masses lenticulaires de quartz vitreux, avec inclusions de chalcopryrite, de pyrite aurifère et de galène.

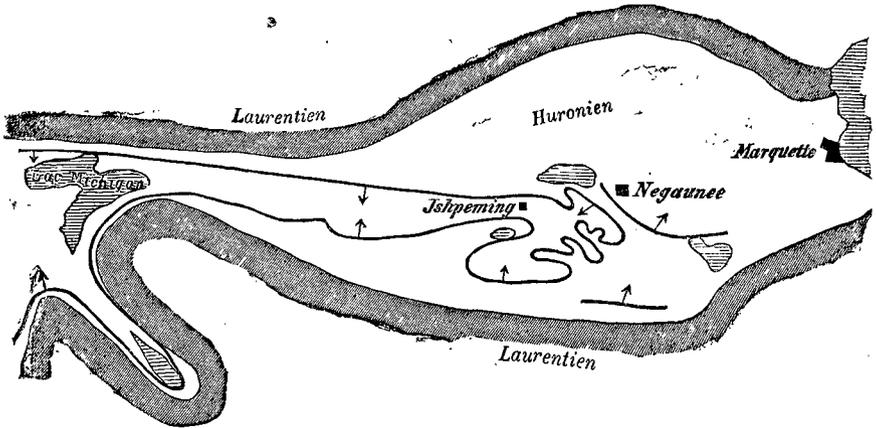


Fig 66. — District minier de Negaunee, d'après H. Wedding.
Affleurement de la couche.

Au-dessus vient une zone puissante de quartzites ferrifères, avec rognons de quartz ferrugineux, contenant des nappes intercalées de diorite.

C'est sur cette zone que reposent, dans la partie supérieure du bassin, les amas d'hématite rouge exploités à ciel ouvert sur une très vaste échelle. L'hématite est tantôt grenue et alors formée quelquefois d'un agrégat de petits octaèdres de martite, tantôt compacte et schisteuse. Les minerais compacts et schisteux renferment aussi des octaèdres de martite, des houppes de fer oligiste et, dans les cavités, de l'hématite brune botryoïdale.

Un fait particulièrement intéressant est la forme ondulée que présentent les plans de stratification des variétés schisteuses.

Le minerai est sur quelques points transformé en hématite brune et accompagné de minerais de manganèse, notamment de psilomélane et de hausmannite. Un autre phénomène local est l'intercalation dans le gîte d'amas stratifiés de talcschistes, de chloritoschistes, de roches granatifères et de magnétite, avec inclusions de pyrite de fer, de chalcopryrite et de chlorite.

D'après Wedding, les amas ont de 5 à 7, parfois jusqu'à 30 mètres de puissance et ne sont pas nettement séparés des quartzites qui les entourent.

Au toit de cette zone apparaissent des phyllades foncés, contenant parfois de la pyrite, de l'antophyllite et de l'actinolite et passant à des micaschistes avec staurotide et andalousite.

Le prolongement occidental de ce bassin contient, dans des conditions géologiques semblables, les amas d'hématite rouge d'*Iron Ridge*, de *Smith's Iron Mountain*, et de *Michigani Iron Mountain*. Il importe de ne pas méconnaître l'analogie entre ces gîtes et les couches d'hématite rouge des formations plus récentes.

Le district ferrifère de Menomonee, au sud du lac Supérieur, est assez éloigné de celui de Negaunee, mais il appartient aussi au système huronien, à la partie supérieure duquel il se trouve. Il contient des gîtes d'hématite rouge pure, intercalés dans les quartzites et atteignant des puissances de 10 mètres. Le minerai est traversé, sur les bords du fleuve Sturgeon, par un filon de granite de 2^m,50 de puissance, à côté duquel il contient des cristaux d'oligiste dans les diaclases : c'est là un phénomène qui ne se trouve pas ailleurs et qui doit certainement son origine à la présence du filon de granite.

Le gîte de Pilot-Knob (1), en Missouri, paraît être un

(1) Wedding, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten-u. Salinenwesen im preuss. Staat*, 1876, t. XXIV, p. 343.

amas stratifié d'hématite rouge dans les schistes cristallins. L'amas, de 12 mètres de puissance, est stratifié, ce qui permet de diviser aisément le minerai en dalles ; une barre de schiste le partage en deux moitiés à peu près égales. Le minerai a une couleur grise perlée, passant au bleu ; il est opaque, donne une poussière foncée, a une cassure à grain d'acier et est faiblement magnétique. Le mur est formé d'une roche porphyrique spéciale ; le toit est un conglomérat.

CHAPITRE II

Gîtes massifs.

(Voir n° 10, p. 13).

78. **Type Taberg.** — *Caractères : inclusions de magnétite, parfois titanifère, dans diverses roches éruptives, principalement dans des basaltes, des diabases, des péridotites, des porphyres augitiques, des diorites et des syénites.*

On sait que les laves, les basaltes, les mélaphyres, les diorites, les syénites et d'autres roches éruptives renferment des inclusions de magnétite et de fer titané en mélange si intime avec les éléments essentiels qu'on ne peut révoquer en doute leur origine contemporaine, c'est-à-dire leur caractère de sécrétions (v. n° 41, p. 83). La magnétite apparaît en petits cristaux isolés, en squelettes cristallins, en grains, en nids, en veines primaires (v. n° 46, p. 93). Elle est souvent assez abondante pour donner à la roche entière des propriétés magnétiques et pour que l'altération ou la destruction mécanique de cette roche laisse un sable extrêmement riche en minerai de fer magnétique. Nous nous bornerons à citer, entre beaucoup d'autres, l'exemple donné par Laspeyres des mélaphyres (palatinites) du Palatinat (1).

Tous les minéralogistes connaissent la magnétite titanifère qui se trouve en sécrétions dans le basalte d'Unkel, sur le Rhin. Ces sécrétions peuvent, lorsqu'elles sont con-

(1) *Neues Jahrb. für Mineral.* 1869, p. 512.

sidérables et abondantes, acquérir une certaine importance industrielle. On exploite des inclusions de magnétite titanifère dans la roche appelée *diabase d'Asby* (1), à Törnebohm (Suède septentrionale). Cette roche forme des filons dans les gneiss, les granites et les porphyres et des nappes puissantes dans les grès de Dalécarlie.

Le gîte du Taberg (2), près de Jönköping (Suède) est un bel exemple de ce mode de gisement. La montagne s'élève de 125 mètres environ au-dessus du gneiss qui l'entoure : elle consiste, d'après les recherches de Sjögren, en une péridotite (trapp), composée d'olivine, de magnétite, d'un peu de plagioclase et accessoirement de mica et d'apatite. La falaise de la montagne qui domine la rivière Mansarpa est formée presque entièrement de magnétite : le minerai y est répandu dans la roche en grains très fins ou bien il constitue le remplissage homogène de veines de sécrétion.

Daubrée a depuis longtemps indiqué le Taberg comme le représentant des gîtes de minerais de fer en inclusions dans les roches éruptives ; il a rangé dans la même catégorie les gîtes qui forment dans l'Oural les montagnes de fer de Gora-Blagodot, de Katschkanar et de Wissokaja-Gora.

Le mont Gora-Blagodot (3), à 200 kilomètres au nord d'Ekatherinenbourg et à 22 kilomètres à l'est de la crête de l'Oural, a une hauteur de 156 mètres environ au-dessus du niveau des lacs voisins. Il est formé d'un porphyre augitique passant, sur le flanc de la montagne, à un porphyre ouralitique et, près du sommet, à une roche compacte analogue à un basalte. Les sécrétions de magnétite y remplissent des veines et des amas. Le minerai constitue, au sommet de la montagne, des rochers escarpés. Il est

(1) *Neues Jahrb. für Mineral.* 1877, p. 269.

(2) A. Sjögren, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1876, p. 434.

(3) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 54.

très compacte et renferme de la pyrite, de la calcite, de l'apatite, du mica et de l'analcime, sans doute dans des diaclases.

La montagne de minerai de fer magnétique de Katschkanar (1), à 55 verstes au nord-ouest de Blagodat, est également un pointement d'une roche augitique, émergeant au milieu de schistes talqueux, chloriteux et amphiboliques. La roche est remplie de grains et traversée de veines de magnétite (*fig. 67*). Le minerai, très pur, ne se

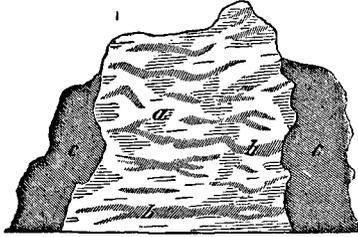


Fig. 67. — Gîte de Katschkanar, d'après Zerrenner.
a, roche augitique; b, magnétite; c, serpentine.

trouve jamais en cristaux et n'est jamais mélangé de quartz.

La montagne de Wissokaja-Gora (2), au voisinage immédiat du centre minier et métallurgique de Nischné-Tagilsk (Oural), à 150 kilomètres au nord d'Ekatherinenbourg, est formé d'un grunstein (diorite ?) très fortement altéré contenant un grand nombre de masses de magnétite se rattachant parfois les unes aux autres : ces masses ont des dimensions très variées et affectent les allures soit d'amas irréguliers, soit de filons véritables. La magnétite très pure, compacte ou à petits grains, passe fréquemment à l'hématite rouge ou brune et ne renferme que rarement des impuretés telles que du mica brun, de la chlorite, du

(1) Zerrenner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. I, 1849, p. 475.

(2) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 185.

talc, de la pyrite de fer ou de cuivre, de la chrysocole, de la malachite, de l'azurite et de la limonite cuprifère. La présence des minerais de cuivre s'explique par le voisinage du gîte cuprifère de la mine Mednorudjansk. (V. n° 81).

Il convient de rapporter au même type les amas de magnétite compris dans la syénite et le granite syénitique aux mines *Schwarzer Krux* et *Gelber Krux* (1), à Schmiedefeld, en Thuringe. Krug von Nidda les décrit en effet comme suit : « La syénite du Thuringerwald contient très fréquemment de la magnétite, mais le plus souvent en grains si fins qu'elle est difficile à distinguer à l'œil nu. Le gîte de *Schwarzer Krux* paraît être simplement une syénite dans laquelle le fer magnétique devient prédominant ; les autres éléments habituels de la roche diminuent ou même disparaissent au point de laisser à peine des traces de quartz, de feldspath et de hornblende en mélange dans le minerai. Le gîte de *Gelber Krux* est, sur les points essentiels, de même nature que le précédent, mais la magnétite y est mélangée de beaucoup de pyrite et ce mélange diminue naturellement beaucoup la valeur du minerai. »

79. **Type Iron Mountain.** — *Caractères : inclusions de fer oligiste dans des roches éruptives.*

On peut se demander s'il ne serait pas plus juste de rapporter le gisement d'Iron Mountain aux filons du type Zorge. (Voir n° 84 et 128).

Les schistes cristallins forment des pointements isolés au milieu des couches siluriennes au sud de Saint-Louis, en Missouri. A l'*Iron Mountain* (2), qui s'élève de 80 mètres au-dessus du fond de la vallée, le minerai de fer a pour

(1) Krug von Nidda, *Karten's Archiv.*, t. II, 1838, p. 14.

(2) Kleinschmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 357 et 373. — Wedding, *Zeitschr. für Berg, Hütten u. Salinenwesen im preuss. Staat*, 1876, t. XXIV, p. 343.

matrice un mélaphyre porphyroïde. Avant le commencement de l'exploitation, toute la montagne était entourée de couches d'argile empâtant des blocs détachés de minerai. Plus tard, l'exploitation a montré que le mélaphyre sous-jacent est traversé dans toutes les directions par des veines plus ou moins puissantes de minerai de fer (*fig. 68*). Une masse de minerai pur, de 10 à 20 mètres de puissance, paraît diviser la montagne en deux moitiés; des deux côtés de cette masse centrale la roche est remplie de veinules

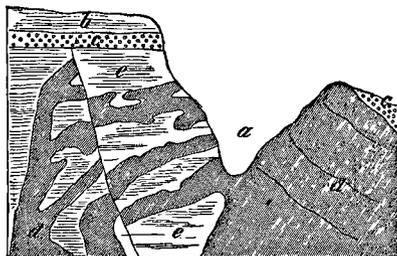


Fig. 68. — Iron-Mountain, d'après H. Wedding.
a, exploitation à ciel ouvert; *b*, terre végétale; *c*, cailloux roulés;
d, minerai de fer; *e*, porphyre (mélaphyre).

métallifères. Le minerai est un fer oligiste gris d'acier, avec une légère teinte bleuâtre; on y trouve beaucoup de cristaux d'apatite. Aux points où ceux-ci ont été dissous, le minerai a pris un aspect caverneux.

Le gisement d'Iron Mountain est, en apparence au moins, très analogue à celui des montagnes de fer de l'Oural, Gora-Blagodat, Katschkanar et Wissokaja-Gora: on trouve en effet dans toutes ces montagnes des roches éruptives traversées par des veines irrégulières de minerai de fer.

80. Type du Pic Boisé: — Caractères: inclusions de fer chromé dans des péridotites et des serpentines.

La plupart des gîtes de cette catégorie sont des gîtes

métamorphiques. Le fer chromé et la magnétite forment dans la serpentine des mélanges qui supposent une production simultanée du minerai et de la roche. Il résulte des recherches de Fr. Sandberger, de Tschermak et d'autres minéralogistes, que la serpentine n'est jamais un minéral primitif : elle résulte toujours de l'altération d'un silicate magnésien, tel que l'olivine, l'augite ou l'enstatite. L'agent de la transformation a été l'eau suintant de fentes ou de failles ; en même temps que les silicates anhydres se sont hydratés, le fer s'en est séparé à l'état de magnétite ou à celui de fer chromé, lorsque la roche primitive contenait des minéraux chromifères, comme la picotite ou le diopside chromifère (1). La sécrétion de fer chromé ou de magnétite est donc une conséquence de la serpentinisation de la roche. Ce sont surtout les péridotites dont l'altération produit des serpentines ; lorsque, comme au Taberg (n° 78), elles contenaient de la magnétite avant d'avoir commencé à se décomposer, la transformation de l'olivine en serpentine a simplement pour effet d'augmenter encore la teneur du minerai.

La première péridotite qui ait été connue est la *dunite* de la Nouvelle-Zélande, décrite par Fr. v. Hochstetter. Elle appartient à un énorme massif de roches serpentineuses éruptives, dont l'ensemble constitue, d'après v. Hochstetter, un filon de 140 kilomètres de longueur sur 2 à 3 kilomètres de largeur (2). Le mont Dun, formé de dunite, se prolonge par le *Pic Boisé*, qui est entièrement composé de serpentine et qui contient de nombreuses masses de fer chromé : celles-ci forment par places des rochers entiers et donnent lieu à des exploitations minières.

On connaît à Kraubath, dans la Haute-Styrie (3) ; une

(1) *Neues Jahrb. für Mineral.* 1867, p. 175.

(2) Fr. v. Hochstetter, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1864, t. XVI, p. 342.

(3) Hauenfels, *Berg. und Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Berg acad.*, 1864, t. XIII, p. 214.

zone serpentineuse de 10 kilomètres de longueur sur 2 de largeur, intercalée dans le gneiss parallèlement à la stratification. La serpentine, habituellement traversée de fentes irrégulières, a rarement la forme de masses planes parallèles aux couches de gneiss voisines ; elle contient des sécrétions de fer chromé en grains ou en veines, accessoirement du talc et de la bronzite et, dans les fentes, de la picrolite et de la magnésite.

On retrouve de la serpentine avec fer chromé, dans des conditions de gisement analogues à celles que nous venons d'indiquer, en un grand nombre de points, par exemple à Plavischevitza (1), dans les Confins militaires du Banat, près de Tronsoe (2) et de Røhhammer (3), en Norvège, en nids subordonnés et en amas irréguliers interstratifiés dans les roches laurentiennes des monts Alleghanys (4), dans l'Oural, en Asie mineure, etc.

Les recherches de E. Dathe (5) ont montré que les roches autrefois désignées comme des trapps granulitiques dans les granulites de la Saxe sont des péridotites, parmi lesquelles on doit distinguer celles formées d'olivine avec grenat et celles formées d'olivine avec enstatite. Elles se trouvent en couches et en amas interstratifiés dans la granulite ; elles ont donné naissance aux serpentines qui se rencontrent également en nappes plus ou moins puissantes ou en amas lenticulaires entre les couches de granulite. La proportion de fer chromé que renferment ces serpentines fait connaître le mode de production du minerai : elle varie, en effet, en raison inverse de la teneur de la roche en olivine et en raison directe de la teneur en serpentine. Les joints contiennent un grand nombre de pro-

(1) *Oestr. Zeitschr. f. d. Berg. u. Hüttenw.*, 1872, p. 342.

(2) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1877, p. 784.

(3) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1855, p. 29.

(4) *Petersmann's Mitth.* 1871, Cah. II, p. 46.

(5) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, p. 226.

duits secondaires, comme le talc, la chlorite, le mica magnésien, l'actinote, la waldheimite, l'asbeste, la stéatite, la serpentine noble, la picrolite, la dermantite, la limbachite, le pycnotrope, la calcite, le braunspath, la barytine, la calcédoine, l'opale, le quartz ferrugineux, le fer chromé, la magnétite, l'oligiste, l'hématite brune.

Les conditions de gisement des serpentines du massif granitique saxon, des Alleghany, etc. donnent lieu de penser que toutes les péridotites ne sont pas éruptives et que quelques-unes d'entre elles, faisant partie des schistes cristallins, peuvent avoir une origine analogue à celle du gneiss, de la granulite, du micaschiste. Si cette manière de voir était bien établie, on devrait réunir dans une classe spéciale, voisine de celle des fahlbandes, les serpentines à fer chromé provenant de péridotites non éruptives : mais la distinction serait actuellement prématurée.

81. Type Mednorudjansk. — *Caractères : inclusions de pyrites, telles que pyrites de fer ou de cuivre, phillipsite, etc.; plus rarement d'autres sulfures, tels que galène, blende, cuivre gris, etc., dans des roches éruptives et spécialement dans des diorites, des gabbros et des péridotites (serpentine).*

Comparées à l'abondance et à la fréquence de la magnétite, les pyrites sont relativement rares dans les roches éruptives. La pyrite de fer, l'un des minéraux les plus répandus dans la nature, manque rarement d'une manière complète et se présente dans des conditions qui doivent faire admettre qu'elle est contemporaine des éléments essentiels des roches éruptives, par exemple des diabases et des diorites. Celles-ci, comme en général toutes les roches à augite et à hornblende, contiennent fréquemment de la chalcopyrite en grains cristallins et en nids : les diabases subordonnées au terrain silurien du Hartz oriental en

fournissent un exemple. J. Strüver (1) a signalé de petits grains, assez rares il est vrai, de chalcopyrite dans les laves de Capo di Bove. A côté de la pyrite de cuivre, il faut citer la pyrite magnétique qui a été trouvée, d'après G. Ulrich (2), en petits cristaux et en mouches dans les basaltes d'Australie. Elle est fréquente dans les gabbros, par exemple dans ceux du Hartz. Ainsi donc, les pyrites se rencontrent même dans les roches volcaniques modernes : on est naturellement amené à en rattacher la présence au rôle important que jouent, dans les éruptions de volcans post-tertiaires, les combinaisons de fer et de cuivre, ainsi que le soufre.

Les considérations relatives aux concentrations locales de la magnétite, habituellement finement disséminée dans les roches éruptives, expliquent également les concentrations de pyrites. On en trouve un excellent exemple dans le gîte de la mine Mednorudjansk (3), près de Nischné-Tagilsk, dans l'Oural, gîte qui est exploité au milieu même du village, sur le versant sud du Wissokaja-Gora (V n° 78). Il consiste en un filon de diorite, dont la puissance atteint jusqu'à 60 mètres et qui est venu au jour au contact d'un calcaire silurien et de schistes verts métamorphiques. La diorite contient de la pyrite de fer et de la chalcopyrite, en partie en inclusions finement granuleuses et en nids isolés, en partie en traînées compactes, allongées suivant la direction et l'inclinaison du filon. La teneur du minerai en cuivre est de 1 1/2 à 2 pour 100. Près de la surface, les pyrites et la diorite sont fortement altérées. On trouve dans le gîte beaucoup de minéraux intéressants, parmi lesquels, outre la phillipsite, la chałcosine et les minerais de cuivre oxydés bien connus, il y a lieu de citer la brochantite, la libéthénite, la tagilite et l'ehlite.

(1) *Zeitschr. f. Krystallogr.* de P. Groth, t. I, p. 229.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1859, p. 64.

(3) H. Müller, *Berg. u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 186.

Le gisement est le même aux mines de Gumeschewsk (1), dans l'Oural, à 60 kilomètres au sud-ouest d'Ekatherinenbourg. La contrée est formée de schistes cristallins, de serpentine et de calcaires grenus ou compactes. Ces derniers sont traversés par un filon de diorite métallifère. En profondeur, la diorite, encore inaltérée, contient des nids d'un mélange pauvre en cuivre de pyrite de fer et de chalcoppyrite. Près de la surface on trouve des minerais oxydés, principalement dans les puissantes salbandes argileuses du filon de diorite. Ces minerais sont la malachite, que l'on rencontre souvent en masses pures pesant quelques quintaux, la chrysocole, la cuprite, plus rarement l'azurite, la limonite cuprifère, la brochantite, l'hématite brune; de même qu'à Mednorudjansk, les minerais sont accompagnés de quartz et de jaspe.

Il est probable que l'amas pyriteux exploité à la *Mine jaune*, à Chessy (2), près de Lyon, appartient à la même catégorie de gîtes. Il est entouré d'aphanite et est formé d'un mélange de chalcoppyrite, de pyrite de fer et de blende.

Si la manière de voir de Th. Sheerer, en ce qui concerne les filons de granite avec chalcosine de Strömsheien, en Norvège (v. n° 102), est exacte, ces filons doivent aussi être rangés dans le même type.

On peut citer comme exemple d'un amas important de pyrite magnétique dans une roche éruptive l'amas entrelacé de la Balma, près de Locarno, dans le val Sésia (3). La masse principale de l'amas est piriforme; il a 30 mètres environ de longueur et de 5 à 10 mètres de largeur (v. p. 67); il donne naissance à un grand nombre de veinules irrégulières pénétrant dans la roche encaissante. Il est formé de pyrite magnétique nickélifère, avec un peu de millérite et

(1) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 252.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 421.

(3) M. Lévy, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1867, p. 718 (Compte-rendu). — Stelzner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1876, p. 623.

de chalcopyrite. La roche encaissante est, d'après M. Lévy, une diorite très amphibolique avec chlorite, talc, grenat et autres minéraux accidentels. Stelzner, qui a étudié ces roches, y a reconnu des amphibolites pures, des gabbros à bronzite, d'autres analogues aux roches à enstatite du Hartz et une roche particulièrement favorable à la minéralisation qui se résout sous le microscope en hornblende, bronzite et olivine.

Nous signalerons plus loin (n° 87), en un assez grand nombre d'autres points, des péridotites nickélicifères. Ces roches semblent aussi avoir assez habituellement une teneur appréciable en cuivre, puisqu'on trouve du cuivre dans des serpentines provenant indubitablement de péridotites, par exemple au *Pic Boisé* (1), dans la Nouvelle-Zélande (v. p. 194). Des traces de minerais de cuivre, spécialement de silicates verts et bleus, y incrustent souvent des fragments de serpentine. On n'a trouvé cependant en profondeur, au-dessous des points où apparaissent ces indices de cuivre, aucun filon cuivreux véritable, mais seulement des nids de cuprite, de limonite cuprifère, de cuivre natif, de chalcopyrite, de phillipsite et de chalcosine.

Les gîtes de cuivre compris dans les serpentines de Toscane (2) ont des caractères très particuliers. Des deux côtés de l'Apennin, depuis Gênes jusqu'aux sources du Tibre et du Metauro, de nombreux pointements de roches éruptives traversent les couches crétacées et tertiaires. Celles-ci sont en stratification concordante, se distinguent difficilement au point de vue pétrographique et ne peuvent être séparées que grâce à la découverte qu'y a faite Murchison de l'horizon des nummulites. Les roches éruptives comprennent du gabbro, une diorite à grains fins, une roche analogue aux mélaphyres, parfois amygdaloïde, et

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1865, p. 91.

(2) G. v. Rath, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1865, t. XVII, p. 232

de la serpentine. Le contact de ces roches et des terrains sédimentaires est marqué par le *gabbro rosso* : c'est une roche de la famille des mélaphyres, se divisant en masses généralement sphéroïdales et colorées en rouge par de l'oxyde de fer qui s'en est isolé sous l'action des agents atmosphériques.

J. Cocchi distingue, outre les roches éruptives anciennes précitées et les serpentines qui en dépendent et qui, d'après lui, sont toujours caractérisées par la présence du diallage, une serpentine de formation plus récente, sans diallage, qui remplit des filons traversant les roches plus anciennes. « Cette serpentine récente, à laquelle s'associent diverses autres roches de la famille du grüstein, renferme fréquemment des gîtes de divers minerais sulfurés, principalement de minerais de cuivre, moins souvent de plomb, de fer et de zinc. Ces gîtes sont généralement très pauvres et absolument irréguliers; ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils deviennent riches. »

L'un des plus importants est le filon de serpentine du Monte Catini, qui traverse le *gabbro rosso* (mélaphyre d'après G. v. Rath). Le filon (voir *fig.* 69) a des allures très irrégulières et des dimensions parfois gigantesques, permettant de le désigner sous le nom d'amas filonien. Le remplissage est formé tantôt de serpentine et de stéatite, tantôt d'un conglomérat de fragments arrondis et altérés de mélaphyre et de serpentine, reliés par un ciment talqueux. Il est séparé de la roche encaissante par des surfaces de glissement et par une zone de fragments pierreux sans consistance. Les minerais sont répartis d'une manière absolument irrégulière dans le remplissage; tantôt ils sont empâtés dans la serpentine, tantôt ils se trouvent au contact de la serpentine avec le conglomérat et le mélaphyre. Ils se présentent en masses sphéroïdales, ellipsoïdales ou irrégulières, isolées les unes des autres ou reliées par des veines métallifères. La grandeur des boules de minerai

varie depuis la plus extrême petitesse jusqu'à plusieurs mètres cubes. Le minerai le plus fréquent est la chalcopyrrite; viennent ensuite la phillipsite et enfin la chalcosine.

« La chalcopyrrite se trouve en masses pures, de 6 à 10 mètres cubes, la chalcosine pure en boules de la grosseur de la tête d'un homme. Les boules d'un fort diamètre

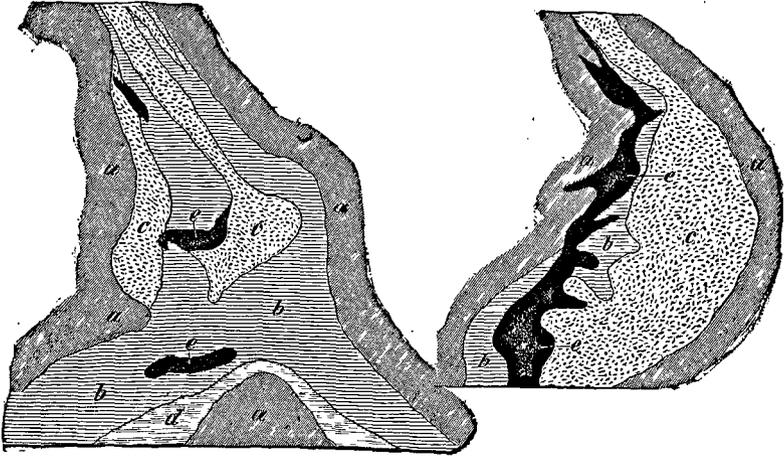


Fig. 69. — Coupes verticales du gîte de Monte-Catini, d'après A. Schneider.
a, mélaphyre; *b*, serpentine; *c*, conglomérat de mélaphyre et de serpentine;
d, calcaire et marne calcaire; *e*, minéral.

sont composées ordinairement, dans l'intérieur, de pyrite de cuivre, vers la surface de cuivre panaché; la surface extérieure est assez fréquemment recouverte de chalcosine et de cuivre natif. » On connaît des boules de minerai de cuivre analogues, toujours faciles à séparer de la serpentine qui les entoure, dans beaucoup d'autres filons de serpentine de Toscane.

G. v. Rath admet, et son opinion paraît extrêmement vraisemblable, que la serpentine était primitivement une olivine cuprifère. « La transformation en serpentine a été accompagnée de dérangements dans le gisement de la

masse, de frottements et de destructions à la faveur desquelles les particules de minerai ont pu se réunir en sphéroïdes volumineux. »

82. Type Monte Calvi. — *Caractères : filons d'augite métallifères, accompagnés de roches éruptives.*

Les filons du Monte Calvi (1), dans le Campigliese maritime, sont uniques de leur espèce. Le marbre blanc, que les géologues toscans classent dans le lias inférieur, est traversé par deux systèmes de filons parallèles que l'on peut suivre sur une grande longueur. Ces filons éminemment particuliers et dans lesquels les minerais ne sont jamais continus sont, d'après G. v. Rath, traversés et accompagnés par des filons de porphyre quartzifère et d'augitophyre dans des conditions qui conduisent à admettre que les minerais sont venus au jour en même temps que les filons de roches éruptives. C'est pour ce motif que nous en donnons ici la description.

Le remplissage ne ressemble en rien à celui d'aucun autre système de filons. Il est formé essentiellement d'augite verte noire, ferrugineuse, calcaire et manganésée et d'augite grise verdâtre, rose fleur de pêcher ou grise brunâtre, manganésée et calcaire. L'augite est radiée et se présente, soit en zones et en bandes séparées, soit, et c'est le cas le plus fréquent, en boules d'une structure radiée et excentrique, dont le diamètre varie depuis quelques millimètres jusqu'à 2^m,50. Elle renferme des nids ou des veines d'ilvaïte d'un noir éclatant; le même minéral forme de beaux cristaux sur les parois de géodes. Ces silicates sont accompagnés ordinairement de chalcopryrite et de pyrite de fer, moins souvent de galène et de blende brune (v. p. 91); les minerais constituent les noyaux des sphéroïdes ou des zones concentriques, ou sont déposés entre les rayons de

(1) G. v. Rath, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1868, t. XX, p. 307.

l'augite. Comme gangue, on trouve du quartz et de la calcite qui se présentent dans les mêmes conditions de gisement que les minerais ou remplissent les intervalles séparant les sphéroïdes et les bandes augitiques. L'ensemble atteint au Temperino de 28 à 37 mètres, à Cava del Piombo 22 mètres de puissance et adhère fortement au marbre d'une blancheur éclatante qui forme la roche encaissante.

CHAPITRE III

Remplissages de cavités

(V. n° 10, page 13.)

§ I. — FILONS.

En raison de considérations théoriques qui seront exposées dans la quatrième partie, nous traiterons séparément les filons qui traversent les roches éruptives et ceux qui traversent les roches sédimentaires.

83. *a.* **Filons dans les roches éruptives.** — Les filons qui traversent les roches éruptives doivent leur minéralisation à des actions très variées. Souvent les métaux des silicates qui constituent la roche éruptive se sont isolés sous forme de minerais et réunis dans les filons et sur les parois des joints. Mais il y a d'autres cas où des solutions métalliques ont dû amener les minerais, soit pendant l'éruption de la roche encaissante, soit à une époque ultérieure.

84. **Type Zorge.** — *Caractères : hématite rouge fibreuse, compacte ou caverneuse, accompagnée de quartz, de carbonates et d'autres minéraux subordonnés, dans des filons qui traversent des roches éruptives, diabases, felsiteporphyres, porphyrites, granite, etc., ou se trouvent au contact de ces roches avec les roches sédimentaires ou même pénètrent dans les terrains sédimentaires, mais ne tardent pas à y devenir stériles.*

Les filons d'hématite rouge sont très fréquents dans la diabase du Hartz. Citons seulement parmi les nombreuses

localités où l'on en rencontre les environs de Zorge (1). Les diabases compactes y sont traversées par des filons de toutes les directions, dont la puissance oscille habituellement entre 0^m,50 et 1 mètre et s'élève rarement plus haut et qui sont remplis d'hématite rouge siliceuse compacte ou fibreuse et de braunspath en proportions relatives très variables. Les filons ont des salbandes très nettement accusées par des *miroirs* brillants, ou bien ils se confondent graduellement avec la roche encaissante en passant à une diabase ferrugineuse contenant de 16 à 20 p. 100 de fer. On trouve dans les géodes des cristaux de braunspath, de calcite, de quartz et d'oligiste. Les filons ne pénètrent que rarement dans les schistes siliceux et les grauwackes voisins des diabases et ils y deviennent stériles.

Le fait suivant jette un jour précieux sur le mode de formation de ces filons de minerais de fer dans les roches éruptives : dans la région du système des diabases de l'Oberhartz, les intervalles compris entre les boules suivant lesquelles se divise la diabase sont souvent remplis d'hématite rouge (2).

Les filons de minerais de fer qui traversent les diabases du Voigtland ont le même caractère que ceux du Hartz. Entre Stenn, près de Zwickau et Christgrün (3), ils se trouvent souvent au contact de la diabase et des grauwackes, puis dans la diabase elle-même ou à une faible distance de cette roche dans des phyllades et des grauwackes schisteuses. Des allures très irrégulières, tant en direction qu'en inclinaison, l'absence fréquente de salbandes distinctes et de nombreux passages à la diabase ferrugineuse caractérisent le mode de formation de ces filons. L'héma-

(1) *Erläuter. zur geol. Specialkarte v. Preussen*, Feuille de Zorge, 1870, p. 11.

(2) Zimmermann, *Das Harzgebirge*, 1834, p. 98.

(3) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 86.

tite rouge est transformée près de la surface en limonite compacte ou terreuse et en triplite.

Les porphyres d'Ilfeld (Hartz) et d'Elgersburg, dans le Thüringerwald, qui se distinguent par la présence de filons et de veines de minerais de manganèse (v. n° 85) contiennent aussi des minerais de fer dans les mêmes conditions de gisement que ceux de manganèse.

Le gîte d'Oberneisen (1), près de Diez (Nassau), doit son origine à un felsiteporphyre formant un pointement au milieu des grauwackes dévoniennes qui l'entourent. Au contact des deux roches se montre le gîte d'hématite rouge, au mur duquel le porphyre est fortement altéré et décoloré et dont le toit est une argilophyre contenant beaucoup de fragments de porphyre, faits qui révèlent clairement le mode de formation du gîte. « Il consiste principalement en hématite rouge, argileuse et caverneuse, dont la teneur en fer varie depuis 51.5 jusqu'à 62.2 p. 100; du côté du mur de l'ensemble de la formation ferrifère, on rencontre des fragments considérables d'hématite rouge fibreuse ou compacte, généralement enveloppés d'hématite caverneuse. Celle-ci contient souvent des rognons et de petits nids à structure complètement oolithique, formés de concrétions de quartz ferrugineux et d'argile rouge, empâtant parfois des fragments de porphyre. L'hématite brune caractérise spécialement la région du toit; on la trouve à l'état compacte, accompagnée de minerai lithoïde jaune ocreux, plus rarement de dufrénite fibreuse. Elle est manganésifère et contient en géodes de la diallogite.

De nombreux filons d'hématite rouge apparaissent, dans l'Erzgebirg saxon (2), à la limite du granite et du felsiteporphyre avec les schistes cristallins; ils se ramifient dans les deux roches et atteignent jusqu'à 30 mètres de puis-

(1) C. A. Stein, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1864, p. 490. (Compte-rendu).

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II. p. 20, 29, 42, 44, 45 et 49.

sance. Les remplissages, en majeure partie empruntés au granite, consistent essentiellement en jaspe passant à du quartz ferrugineux, quartz, améthyste, calcédoine ou opale, argile ferrugineuse et kaolin, hématite rouge compacte ou fibreuse avec limonite et ocre jaune, plus rarement fer oligiste. Comme éléments subordonnés, on y trouve la polianite, la psilomélane, des minerais de cuivre, de cobalt et de bismuth. La structure des filons est ordinairement massive, rarement zonée; très souvent le remplissage est formé de brèches composées de fragments de la roche encaissante.

Les filons du district d'Altenberg traversent le granite et le porphyre quartzifère. L'amas de Geyer (v. n° 94), ainsi que les gneiss et les micaschistes voisins, est traversé par un filon d'hématite rouge, appelé le *filon rouge*. On connaît à la Montagne-Rouge, près de Schwarzenberg, un filon de contact remarquable, compris entre le granite et le gneiss, mais avec des ramifications pénétrant dans l'une et l'autre roche; les conditions de gisement sont à peu près les mêmes dans beaucoup de filons des environs de Johanngeorgenstadt et d'Eibenstock.

C'est à la même catégorie de filons d'hématite rouge, catégorie représentée dans tous les pays par une infinité de gîtes, qu'il convient de rapporter les remplissages ferrifères des joints de beaucoup de roches éruptives; tout en n'ayant généralement aucune valeur industrielle, ces remplissages présentent un intérêt géologique considérable.

85. **Type Ilfeld.** — *Caractères : minerais de manganèse généralement accompagnés de calcite et de barytine, en filons dans les roches éruptives, trachyte, granite, felsite-porphyre, porphyrite, mélaphyre.*

De même que les roches ferrugineuses donnent par sécrétion des filons de minerais de fer, les roches mangané-

sifères produisent dans les fentes et les filons qui les traversent des sécrétions de minerais de manganèse. Il est intéressant de rencontrer de la psilomélane au milieu des matières ocreuses qui remplissent les joints des trachytes du Siebengebirg, près de Bonn (1) et de Stellberg sur la Rhön (2). A Wittichen (3), dans la Forêt-Noire, les parois des joints d'un granite grossier sont parfois recouvertes d'un léger enduit de braunite, sur lequel reposent de belles masses radiées de pyrolusite. Ces minerais de manganèse sont des produits de sécrétion du granite, dont le mica est notablement manganésifère.

Parmi les gîtes de cette nature, ceux des porphyres du Hartz et du Thüringerward ont une importance spéciale. Des filons de minerais de manganèse traversent à Ilfeld, dans le Hartz (4), une nappe de porphyrite intercalée au milieu du grès rouge. Les filons dont la puissance varie depuis quelques centimètres jusqu'à 0^m30, ont une forte inclinaison (de 60 à 80°) et courent entre les heures 6 1/2 et 10. Les minerais sont tantôt compactes, tantôt, surtout près de la surface, cristallisés; on y trouve de l'acérodèse, de la pyrolusite, de la varvicite, de la braunite, de la hausmannite, de la psilomélane et du wad. Les gangues sont la barytine, le braunspath, la calcite ordinaire ou colorée en noir par de l'oxyde de manganèse et, plus rarement, la diallogite.

Les filons sont toujours accompagnés de veines, dans lesquelles le minerai de manganèse adhère directement, sans gangue, à la roche encaissante. « Au Möncheberg, toute la masse de porphyrite est traversée par des veines

(1) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellschaft*, 1852, t. IV, p. 576 et *Berg. u. Hüttenm. Zeitung*, 1853, p. 741.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1854, p. 62.

(3) Fr. Sandberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1869, p. 208.

(4) *Erlauter. z. geol. Spezialkarte v. Preussen*, feuille de Nordhausen. 1870, p. 10.

de minerais de manganèse ; toutes ces veines affleurent et sont exploitées à ciel ouvert. » Les filons n'ont pu être poursuivis que jusqu'à 10 ou 12, rarement 60 mètres de profondeur, parce que plus bas ils sont devenus pauvres et même complètement stériles.

Indépendamment des minerais de manganèse, la porphyrite d'Ilfeld contient aussi des filons de minerais de fer (p. 206), avec remplissage d'hématite rouge mélangée de barytine ; mais ces filons deviennent aussi inexploitable à 40 mètres du jour. Des filons d'hématite rouge compacte, avec quartz jaune ferrugineux et jaspe rouge, traversent aussi les mélaphyres amygdaloïdes voisins d'Ilfeld, mais ces mélaphyres ne contiennent jamais de minerais de manganèse.

Il en est autrement dans le Thüringerwald (1), où des minerais de manganèse et de fer remplissent des filons dans des felsiteporphyres, des mélaphyres, des conglomérats mélaphyriques et, bien que moins fréquemment, dans le granite. La pyrolusite et la psilomélane sont les minerais les plus importants, tandis qu'à Ilfeld c'est l'acérodèse, souvent en magnifiques cristaux, qui prédomine.

Les principaux gîtes de manganèse du Thüringerwald sont ceux du Rumpelsberg et du Mittelberg, près d'Elgersburg. La pyrolusite et la psilomane, accompagnées de wad, de hausmannite et de braunite, rarement d'acérodèse, s'y trouvent sans gangue dans le porphyre. « Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on y trouve de petites quantités de barytine lamellaire et de calcite. Le remplissage contient souvent des fragments de toutes dimensions du porphyre qui forme la roche encaissante. Lorsque la pyrolusite est pure, on la voit former des zones parallèles aux épointes ou des aiguilles dirigées des salbandes vers le

(1) H. Credner, *Geol. Verh. d. Thüringerwaldes u. des Harzes*, 1843, 130.

milieu du filon. Mais cette disposition régulière est rare. La pyrolusite et la psilomélane se trouvent habituellement en masses irrégulières au milieu de fragments de porphyre, d'argile et de wad argileux. » La puissance et la longueur des filons sont très variables. Tantôt ce sont des fentes régulières, courant du sud-est au nord-ouest, avec une forte inclinaison, qui se groupent en systèmes de filons et dont a puissance parfois presque nulle peut s'élever jusqu'à 3 et 5 mètres ; tantôt des réseaux délicats de veines entrelacées de braunite, transformant toute la masse de porphyre en une sorte d'amas entrelacé. Nulle part on n'a encore observé que les filons se terminassent en profondeur.

Les gîtes de l'*Oerenstocker Feld*, près d'Ilmenau, et de *Gottlob*, près de Friedrichsrode, sont beaucoup moins importants. Les filons d'Oerenstock traversent soit le porphyre, soit un mélaphyre tuffeux ; ils contiennent toujours, outre la pyrolusite, une gangue de barytine et de calcite colorée en brun. On y a trouvé de très beaux cristaux de hausmannite et de braunite.

A Friedrichsrode, les filons traversent un conglomérat mélaphyrique. « La psilomélane compacte et la hausmannite, généralement à grains fins, sont prédominantes ; la pyrolusite ne se trouve qu'en faibles traces ; la gangue est constamment barytique. Le remplissage primitif comprenait aussi de la calcite, comme le prouvent les empreintes creuses laissées par des cristaux de calcite sur les faces des zones de braunite tournées du côté des salbandes. »

86. Type Tamaya. — *Caractères : minerais sulfurés de cuivre, tels que chalcoppyrite, phillipsite, chalcosine et cuivre gris, avec leurs dérivés, tels que malachite, atacamite, cuprite, cuivre natif, etc., accompagnés de petites quantités de gangues, calcite et quartz, et de minerais étrangers, tels que pyrite de fer, galène et blende, en filons qui traversent les roches éruptives et notamment celles*

à augite et à hornblende, comme la diabase, le mélaphyre, la diorite, la syénite, etc.

Un des principaux résultats établis par les études de Fr. Sandberger sur la teneur en métaux des roches siliceuses et de leurs divers éléments (v. n° 152) est que l'augite des roches éruptives modernes (basaltes) ou anciennes (diabases) contient des traces ou même des proportions appréciables de cuivre. Cette découverte, ainsi que les considérations tirées du mode de gisement, rendent très-vraisemblable l'hypothèse d'après laquelle les filons de minerai de cuivre des diabases auraient emprunté le cuivre qu'ils contiennent directement à la roche encaissante.

D'après Fr. Sandberger (1), la chalcoppyrite est d'autant plus abondante dans les diabases et dans les schalsteins du Nassau, qui appartiennent à la même famille, que ces roches sont plus altérées : on en trouve la preuve dans les filons qui affleurent, au nombre de 30 environ, dans la région de Dillenbourg et au nombre de 40 dans les vallées de la Lahn et de la Weil, près de Weilburg. Les filons sont riches dans les diabases décomposées et surtout lorsqu'ils traversent des amas d'hématite rouge ; ils deviennent stériles en pénétrant dans les schistes à cypridines et les grès. Lorsque les diabases, véhicules du minerai, sont en profondeur compactes et non décomposées, les filons se réduisent à un simple enduit et sont stériles.

Les diabases du Nassau ne contiennent que rarement, par exemple aux mines *Fortunatus*, *Gnade-Gottes* et *Goldgrube*, de la galène et de la blende à côté de la chalcoppyrite, dans des joints à remplissage de calcite ou dans des filons de minerai de cuivre. On y a rencontré sur quelques points de petites veines isolées de galène seule ou accompagnée de tennantite : ces minerais peuvent aussi

(1) Fr. Sandberger, *Berg u. Hüttenm. Zeitung.*, 1877, p. 390.

provenir de la roche encaissante, dans laquelle Senfter a démontré l'existence du plomb, du zinc et de l'arsenic. On connaît dans beaucoup d'autres diabases, par exemple dans celles du Hartz, du Fichtelgebirg, etc., des gîtes de cuivre analogues aux précédents, mais généralement fort pauvres.

En somme, les filons cuivreux ne sont pas rares dans les roches éruptives, mais il s'en faut qu'ils aient toujours été remplis par des solutions provenant des roches encaissantes; il est probable que, dans beaucoup de cas, leur minéralisation a été produite par des sources venant de plus loin.

Les filons de cuivre des diorites et des syénites du Chili ont une importance considérable. Ces roches forment, avec d'autres roches cristallines, une chaîne côtière de 15 à 20 kilomètres de largeur. On y exploite dans un grand nombre de mines des filons d'une richesse considérable; l'une des plus importantes est celle du Cerro de Tamaya (1), près de Tongoy, le premier port notable au nord de Valparaiso. Le Cerro de Tamaya est formé de diorite avec épidote et magnétite comme minéraux accessoires. Le filon principal a de 2 à 3 mètres de puissance; son mur, uni et régulier, est caractérisé par un enduit provenant de la décomposition de la roche encaissante, avec laquelle, au contraire, le filon se confond graduellement du côté du toit (v. p. 47).

Les minerais sont le cuivre panaché et la chalcopyrite, qui forment dans le filon des parties riches étendues et très pures. La phillipsite contient en mélange de l'or natif en houppes fines. La pyrite de fer manque ou est très rare. Au voisinage des parties riches, le filon est rempli d'une matière pulvérulente, très ferrugineuse, de couleur foncée (*polvorilla*), contenant de petites particules de phillipsite, qui provient certainement de la décomposition du remplis-

(1) L. Lipken, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 129.

sage primitif. A l'affleurement et jusqu'à 10 mètres de profondeur, on trouve des minerais oxydés (*metal de color*).

Les filons de la baie d'Algodon (1), en Bolivie, sur la lisière du désert d'Atacama, ont de 1 à 2 mètres de puissance, contiennent de la chalcosine, de la chalcopyrite, de la pyrite de fer, etc., et sont remarquables parce qu'on y trouve de l'atacamite et jamais, chose singulière, ni azurite, ni malachite. L'atacamite abonde particulièrement dans le filon d'Atacamita, de deux mètres de puissance, dans lequel elle est mélangée avec de la cuprite. Elle a certainement été produite par l'action de l'eau de mer sur les minerais de cuivre.

Un puissant filon de diorite, traversant du nord au sud, sur une grande longueur, les schistes cristallins et les grauwackes qui les recouvrent, contient à Kaafjord (2), dans la Norvège septentrionale, par 69° de latitude nord, des filons cuivreux de 0^m,30 à 4^m,50 de puissance, qui courent du sud-ouest au nord-est et qui ont des remplissages extrêmement remarquables. Ce sont des brèches de quartz, calcite, pyrite de fer et chalcopyrite, dont les éléments sont reliés par un ciment provenant de la pulvérisation et de la décomposition de la diorite.

Au lac Supérieur (3), Amérique du Nord, c'est exclusivement dans le mélaphyre qui forme une nappe puissante au milieu des grès et conglomérats infrasiluriens qu'apparaissent les minerais de cuivre, habituellement sous forme de cuivre natif, rarement à l'état d'oxydes ou de sulfures. L'exploitation y est concentrée dans deux districts, celui de Keweenaw-Point et celui des environs de Ontonagon. Le

(1) v. Bibra, *Neues Jahrb.* 1866, p. 227 (Compte-rendu.)

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 523.

(3) H. Credner, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1869, p. 1. — Chr. Mosler, *Zeitschr. f. Berg Hütten. u. Salinenwesen im pr. Staat*, XXV, 1877, p. 212. — Voir aussi Rivot, *Voyage au Lac Supérieur*, *Ann. des mines*, 5^e série, t. VII, 1855, p. 173 et t. X, p. 365. (*Note du trad.*)

plus important est incontestablement celui de la presqu'île de Keweenaw, qui, partant de la rive sud, s'avance comme une corne dans le lac en se dirigeant vers le nord-est, sur 120 kilomètres.

On doit, d'après H. Credner, y distinguer quatre gisements différents du cuivre.

1° *Filons de fracture véritables.* — Les filons qui traversent les mélaphyres et les mélaphyres amygdaloïdes ne sont riches et puissants que dans ces roches; ils diminuent de puissance en pénétrant dans la diorite dure qui accompagne le mélaphyre et deviennent absolument stériles tout en restant souvent très puissants, dès qu'ils passent dans les conglomérats et les grès voisins. La puissance est très variable; au filon *Cliff*, elle est de 0^m 30 à un mètre; au filon *Owl Creek* de la mine Copper-Falls, elle s'élève jusqu'à environ 8^m 50. L'allure des filons, qui empâtent parfois de gros fragments de mélaphyre, est assez régulière lorsque la calcite y domine et devient irrégulière lorsqu'apparaissent des masses considérables de cuivre natif. Les parties pauvres et les parties riches alternent en colonnes inclinées; on trouve dans les dernières, à côté de masses de cuivre natif de plusieurs centaines de tonnes, de l'argent natif, du quartz, de la calcite, de la laumonite, de la prehnite, de l'apophyllite, de la mésotype, de la stilbite, de la fluorine, de l'épidote et de la chlorite.

2° *Remplissage, complet ou partiel, des amygdales des bancs de mélaphyres amygdaloïdes.* — On trouve ce gisement aussi bien à une grande distance qu'au voisinage des filons.

Les amygdales de la mine Copper-Falls sont souvent entièrement remplies de cuivre natif. Le cuivre provenant de ces cavités arrondies, dont le diamètre varie depuis celui d'une tête d'épingle jusqu'à celui d'un pois, est désigné par les mineurs sous le nom de cuivre en grains.

Ces grains sont tantôt isolés les uns des autres dans la pâte du mélaphyre, tantôt réunis par de petits fils de manière à former comme des grappes de raisins. On connaît aussi à la même mine des cavités courbes de 5 à 8 centimètres de longueur, entièrement remplies de cuivre, produisant ce qu'on appelle des clous de cuivre. Là où les amygdales ne sont pas complètement remplies de cuivre natif, le minerai y est accompagné d'argent natif, de calcite, de quartz, de chlorite, de laumonite rouge et de léonardhite, de prehnite, d'analcime, d'épidote, de datolite, d'oligiste, etc.

3° *Élément accessoire des épidotites intercalées en lits irréguliers dans le mélaphyre.* — Le gîte de Concorde en fournit un excellent exemple. C'est une couche de mélaphyre amygdaloïde, remplie d'amandes et de cordons de pistazite, de quartz, de calcite et de laumonite et souvent remplacée par une épidotite, c'est-à-dire par un mélange d'épidote et de quartz. Ce mélange est pétri d'amygdales et traversé par des veinules de quartz, de calcite et de pistazite finement cristalline. Le cuivre natif se trouve dans le mélaphyre et, de préférence, dans l'épidotite, en forme de houppes, de grains, de feuilles, de cordons anguleux et souvent ramifiés, et aussi en masses de plusieurs quintaux. Il est accompagné d'argent natif. La puissance du gîte de Concorde varie entre 0^m 30 et 9^m 30.

4° *Ciment ou élément accessoire du ciment grenu d'une brèche de felsiteporphyre intercalée dans les mélaphyres.* — Le gîte de Calumet-Hékla est formé par une brèche de felsiteporphyre de 1 à 5 mètres de puissance constituant, autant qu'on peut en juger, une nappe entre les bancs du mélaphyre amygdaloïde. La brèche contient des fragments volumineux de felsiteporphyre, reliés par des fragments à petits grains ou à grains fins de la même roche. Ce ciment passe souvent à un grès à grains anguleux et, au mur du gîte, il est remplacé par une argile

plastique. Il renferme, comme éléments parfois prédominants, de l'oxyde de fer, de la chlorite, un minéral talqueux, de l'épidote, de la calcite et du cuivre natif en petits fils rugueux et en dendrites. Credner regarde le gîte comme une injection de feldspathoporphyre, qui aurait pénétré entre les assises du mélaphyre amygdaloïde, se serait partiellement consolidée et aurait de nouveau été réduite en fragments par des injections ultérieures de masses fluides. Le cuivre natif ne se rencontrant jamais dans les gros fragments, mais seulement dans le ciment, est de formation plus récente que ces fragments.

On trouve un exemple d'allures absolument différentes de celles que nous venons de décrire dans un filon de minerai de cuivre de 6 à 8 mètres de puissance qui traverse un porphyre quartzifère à la mine Tschudack, dans l'Altaï (1). C'est, dans l'ensemble, un filon de quartz qui contient des cordons et des veinules de minerai de cuivre. La partie moyenne du filon, sur 2 mètres environ, est formée de minerai presque pur, très peu quartzeux. En profondeur, les minerais sont la chalcopirite, la pyrite de fer et la chalcosine; près de la surface, les oxydes dérivés de ces sulfures. Le filon est accompagné de plusieurs veines latérales et croisé par trois failles argileuses.

Nous décrirons plus loin (n° 102) les filons de granite avec minerais de cuivre du district de Tellemarken, en Norvège.

Le trachyte amphibolique tertiaire (*grünsteintrachyt*) dans lequel sont encaissés des filons de quartz aurifère riches en minerais divers (v. n° 88), contient des filons cuivreux à Parad (2), au nord de Gyöngyos, dans le Matra (Hongrie septentrionale). D'après v. Cotta, le gîte de Parad fait l'impression d'une roche altérée, dans laquelle

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1870, p. 29.

(2) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 1.

les minerais auraient été apportés par des sources chaudes. Le trachyte est fortement métamorphisé, tantôt décomposé, tantôt durci par de la silice; il contient dans des fentes, en nids et en imprégnations irrégulières du cuivre gris argentifère (32 % de cuivre et 700 grammes d'argent aux 100 kil. de minerai), un peu de pyrite, de chalcoppyrite, de blende, de galène et d'énargite; on y trouve aussi de la péloconite et du cuivre natif. La roche contient parfois du pétrole.

Le gîte de Totos (1), près de Sigeth, dans le Marmaros, appartient à la même famille que le précédent. Il consiste probablement en un filon puissant traversant le trachyte amphibolique et rempli par une brèche grossière formée de fragments de la roche encaissante cimentés par de l'argile, du quartz et des minerais. Parmi ceux-ci, c'est la chalcoppyrite qui domine. « Elle traverse ou forme le ciment de la brèche. Dans le second cas, on en trouve des grains nombreux dans une espèce d'argile, produit de la décomposition de la roche encaissante, ou dans du quartz; dans le premier, elle forme des lentilles homogènes ou des veines de quelques centimètres de puissance. » On rencontre en outre, de la galène, soit en nids où elle est isolée, soit en mélange avec de la pyrite de fer et de la blende. On n'a pas observé dans le gîte d'autres minéraux.

87. Type Dobsina-Nanzenbach. — *Caractères : minerais divers de nickel et de cobalt, accompagnés de minerais de cuivre et de beaucoup de minéraux, en filons qui traversent les roches éruptives et notamment les péri-dotites et les gabbros.*

Les péridotites (2) et les serpentines qui en dérivent

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 9.

(2) Fr. Sandberger, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 380.

contiennent toujours, indépendamment du cuivre, plus ou moins de nickel et de cobalt (1) ; il en est de même des péridotites calcaires anciennes ou *paléopicrites* : on a trouvé dans une paléopicrite de Dillembourg (Nassau) de 0,162 à 0.666 % de nickel, accompagné de cuivre, de cobalt et de bismuth. Cette observation explique la présence de gîtes de nickel dans les paléopicrites altérées et leur absence dans celles qui sont encore fraîches.

On a exploité pendant longtemps, dans la paléopicrite en grande partie transformée en serpentine de la mine *Hülfe Gottes*, à Nanzenbach (2), près de Dillembourg (Nassau), un gîte formé d'un mélange de dolomie, de sidérose, de chalcoppyrite, de millérite, de bismuthine, de pyrite de fer, d'hématite rouge et de quartz. L'exploitation portait autrefois sur divers filons, principalement cuprifères ; elle amena en 1841 la découverte d'un filon nickéli-fère qui ne se montra minéralisé que dans la paléopicrite et devint entièrement stérile en pénétrant dans le schalsteint. On connaît un autre gîte tout semblable à Bellnhausen (grand-duché de Hesse), à trois lieues de Marburg.

Les filons de Dobsina (3), en Hongrie, traversent le gabbro. Celui-ci, en partie transformé en serpentine, est entouré de phyllades verts quartzifères, d'un facies tout particulier, qui reposent sur le gneiss et le granite. Les filons se trouvent au contact du gabbro et des schistes verts ; près de la surface ils se ramifient en éventail ; ils ont le caractère de filons composés, ne sont jamais nettement séparés de la roche encaissante et atteignent jusqu'à 8 mètres de puissance. Le remplissage principal est formé de la roche

(1) Voir aussi, sur les gîtes de nickel dans les serpentines, Heurteau, *Ri-chesses minérales de la Nouvelle-Calédonie*, *Ann. des mines*, 7^e série, t. IX, 1876, p. 390. (Note du trad.).

(2) v. Kœnen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1863, t. XV, p. 14.

(3) G. Faller, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.* 1868, t. XVII, p. 165.

des épontes, traversée par des veines de minerais. L'exploitation porte sur un mélange compacte de minerais de cobalt et de nickel, tenant de 17 à 22 p. 100 de nickel et de 4 à 10 p. 100 de cuivre; on n'y trouve que rarement du cuivre gris, de la chalcopyrite, de la phillipsite, de la nickéline, etc., homogènes. La gangue est formée de sidérose, calcite et ankérite.

88. **Type Nagyag.** — *Caractères : filons de quartz aurifère contenant du quartz, de la pyrite de fer et de l'or natif, parfois très riches en minéraux, qui traversent des roches éruptives, principalement le trachyte amphibolique tertiaire, moins souvent le granite, le felsiteporphyre, la diorite, etc. — Combinaisons de tellure particulièrement caractéristiques (comp. n° 71). — Les filons se chargent parfois de minerais d'argent et passent alors au type suivant (n° 90).*

Le versant sud des Carpathes (1) a été pendant la période tertiaire le siège d'une activité éruptive plus étendue et plus violente que dans aucune autre partie de l'Europe. Cette activité mérite l'attention parce qu'elle a été l'origine d'un grand nombre de gîtes importants, par exemple des gîtes de cuivre précédemment décrits (p. 216), de Parad et de Totos, de beaucoup de filons riches de minerais d'or et d'argent et de quelques gîtes de contact (Rodna, Offenbanya; voir n° 123). L'intérêt de ce phénomène grandit encore, parce qu'il n'est pas particulier à une région; des conditions géologiques semblables ont donné naissance aux riches filons aurifères et argentifères de Washoe, Esmeralda, Silvermountain, Mexico et probablement de la Bolivie (2) et de diverses autres contrées.

Fr.-v. Richthofen donne la classification suivante des

(1) Fr. v. Richthofen, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1860, t. XI, p. 153.

(2) Fr. v. Richthofen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1868, t. XX, p. 688.

roches éruptives tertiaires par ordre d'ancienneté : 1° propylite (partie des grunsteintrachytes) ; 2° andésite ; 3° trachyte ; 4° rhyolithe ; 5° basalte. Les roches les plus anciennes, la propylite et l'andésite, sont principalement venues au jour en masses, tandis que les plus récentes, spécialement la rhyolithe, sont plus particulièrement des produits de l'activité volcanique proprement dite.

La propylite, dans laquelle sont encaissés presque tous les filons métallifères s'est épanchée en masses étendues au-dessus des couches tertiaires et forme ainsi la base des montagnes ; elle est recouverte d'andésite et de trachyte qui constituent habituellement le sommet de ces montagnes. Sur les flancs affleurent des rhyolithes et des trachytes, produits évidents de foyers volcaniques modernes ; leur éruption a été accompagnée de la formation des filons métalliques dans la propylite et en faible partie dans l'andésite ; les filons n'existent en effet, particulièrement en Hongrie, qu'aux points où les rhyolithes, elles-mêmes pauvres en minerais, ont traversé les propylites.

On connaît sur le versant des Carpathes plusieurs districts éruptifs dans lesquels les montagnes sont formées de propylite et d'andésite et dans lesquels les rhyolithes, très fréquentes, abondent surtout sur les flancs des montagnes « qui regardaient autrefois la mer miocène, laquelle recouvrait alors la plaine de Hongrie et s'est plus tard retirée lentement. » Le long des rivages de cette mer, les propylites et les andésites anciennes furent ébranlées et fissurées pendant les éruptions rhyolithiques et les fentes furent remplies de minerais et de gangues, soit par l'action de sources minérales, soit peut-être par sublimation.

Les six districts suivants sont particulièrement importants :

- 1° district de Schemnitz et de Kremnitz ;
- 2° chaîne du Matra (Parad) ;
- 3° district de Gran et de Visegrad ;

- 4° chaîne trachytique d'Eperies-Tokay (Telkibanya) ;
 5° chaîne de Vihorlat-Gutin et environs (Nagybanya, Felsobanya, Turcz., Kapnik, Olah-Lapos-Banya, Borsabanya, Iloba) ;
 6° district d'Abrudbanya (Offenbanya, Vöröspatak, Nagyag, Rezbanya, Zalathna, Faczebaja).

Le gîte aurifère de Vöröspatak (1), au nord-est d'Abrudbanya a nettement le caractère d'un stockwerk, analogue au gîte cuivreux de Parad (p. 216). Du milieu des couches éocènes s'élèvent des pointements de roches trachytiques, plus ou moins continus, rangés suivant la circonférence d'un cercle dont l'intérieur est rempli par des roches sédimentaires tertiaires, généralement horizontales et par des masses éruptives isolées. L'ensemble fait l'impression d'un volcan circulaire. Au mont Csétatje, qui appartient à la partie méridionale de la ceinture trachytique, la roche fortement altérée, décomposée ou silicifiée et abondamment imprégnée de pyrite de fer (propylite), est traversée par d'innombrables veines métallifères irrégulières, qui contiennent du quartz, de l'or natif, de la pyrite, de la blende, du cuivre gris, de la pyrite magnétique, de la galène, de la berthièrite, de la diallogite, de la calcite, de la sidérose et rarement de l'adulaire. Des masses argileuses noires, appelées *glamm*, avec fragments de micaschistes et de grès (v. n° 151) et parfois aussi de plantes tertiaires remplissent des filons et des veines dans la roche métallifère. La minéralisation s'étend de la roche éruptive aux grès éocènes voisins qui sont traversés par une infinité de fentes ayant jusqu'à 0^m,30 de puissance et contenant du quartz, de la pyrite aurifère, du cuivre gris, de la chalcoppyrite, de la calcite, etc. Ces fentes n'ont que rarement pu être sui-

(1) B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 173. — F. Poszpepy, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1867, p. 99. Verhandl. — C. Daelder, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1874, p. 7.

vies sur plus de 200 mètres en direction et de 60 mètres en inclinaison.

Dans les autres districts miniers de la Hongrie et du Siebenburgen, les minerais remplissent des filons bien caractérisés : tel est le cas par exemple à Nagyag (1), dans le sud-ouest du Siebenburgen, entre les rivières de Maros et d'Aranyos. Les filons, dont la puissance, de 0^m,07 en moyenne, varie depuis l'épaisseur d'une lame de couteau jusqu'à 2 mètres, courent principalement du sud au nord ou du sud-est au nord-ouest, ont une forte inclinaison et forment un système compliqué de filons réticulés (v. p. 55). Le trachyte amphibolique (propylite) est le véhicule des minerais ; il traverse des couches miocènes d'argile rouge, de grès, de conglomérats et de calcaires et empâte des blocs de plusieurs centaines de mètres cubes de grès et de conglomérats tertiaires. Ce qui est singulier, c'est que ces blocs ne sont point métamorphisés ; mais, à leur contact, le trachyte amphibolique se distingue par la prédominance du feldspath blanc et par un nombre de diaclases considérable.

Le trachyte et les blocs de grès et de conglomérats qu'il empâte sont traversés par des filons appelés filons de *glauch*. Le mineur désigne par ce nom de *glauch*, d'après H. Höfer, des masses éruptives avec fragments anguleux de la roche encaissante et d'un schiste spécial, rarement avec nodules de quartz de la grosseur d'une noix. Le *glauch* de Nagyag serait une dacite analogue à une diabase. Les filons de *glauch* ont de quelques millimètres à 1 mètre de puissance ; ils ont généralement la même direction que les filons métallifères, sur la minéralisation desquels ils exercent une influence favorable. Les filons métallifères sont peu puissants dans le trachyte amphibolique dur, puissants et

(1) B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 190. — H. Höfer, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1866, p. 1.

riches dans le trachyte demi-dur, fortement ramifiés dans le trachyte tendre ; ils traversent le trachyte avec les roches qu'il empâte et le glâuch : ils sont par conséquent de formation plus récente. Ils se ramifient et se traînent au passage d'une roche dans une autre. Mais ils ne pénètrent pas dans un amas bréchiforme voisin, appelé amas Rodolphe, qui contient des fragments de trachyte amphibolique cimentés par de la rhyolithe. Les principaux minéraux des filons sont le quartz, le jaspé, la diallogite, le braunspath, la calcite, l'or natif, la nagyagite, la sylvanite, l'argent telluré, le tellure natif, l'alabandine et la pyrite de fer ; plus rarement, le gypse avec lamelles d'or interposées, la barytine, l'arsenic natif, la pyrite magnétique, la chalcoppyrite, le cuivre gris, la bournonite, la galène, la stibine, l'hétéromorphite, la blende, le réalgar, l'orpiment, le soufre natif, etc.

L'influence de la roche encaissante sur la minéralisation est extrêmement intéressante. On trouve, dans le trachyte amphibolique, la nagyagite, l'alabandine, la diallogite et, comme minéraux subordonnés, la galène, la blende, le cuivre gris argentifère et le quartz ; dans les fragments de conglomérats, la sylvanite, le quartz et du cuivre gris ordinaire.

On n'a jamais encore, jusqu'à la profondeur de 400 mètres, constaté aucune diminution de la richesse.

A Offenbanya (v. n° 123), sur l'Aranyos, au nord-est d'Abrudbanya, on ne trouve que des fentes de deux centimètres et demi de puissance, traversant le trachyte amphibolique très altéré et contenant de l'or natif et des tellurures (sylvanite) avec quartz, calcite, braunspath, diallogite, pyrite, blende, alabandine, cuivre gris, galène, argent natif et argent rouge. Ces fentes, dites filons de tellure, sont traversées par des failles siliceuses et pyriteuses qui y produisent un enrichissement.

L'étude des mines de Nagybanya (1) est particulièrement instructive pour l'intelligence de la formation métallifère. Les filons, dirigés h. 2 à 3, traversent le trachyte amphibolique, rarement le trachyte gris qui a souvent fait éruption à travers le premier et l'a recouvert. Le plus important est le filon de Kreuzberg qui traverse la montagne du même nom depuis le pied jusqu'au sommet. « Les filons ne sont pas nettement délimités et n'ont pas de salbandes. Si l'on se figure une masse de trachyte amphibolique divisée en deux par un plan idéal et dans laquelle la roche est de plus en plus altérée à mesure qu'on se rapproche davantage de ce plan, où l'altération atteint son maximum; si, en même temps, on voit la roche altérée se charger de plus en plus de silice et passer enfin dans le plan moyen à un quartz impur, on aura une idée des filons du Kreuzberg et aussi de beaucoup d'autres systèmes de filons des catégories les plus variées. Il est clair que le plan idéal en question correspond à une fente ancienne, à partir de laquelle la décomposition s'est propagée des deux côtés et a été accompagnée d'une silicification qui a rempli la fente elle-même. » (von Richthofen, *loco citato*.) Le quartz contient de fines imprégnations de pyrites aurifères et d'un peu de chalcopyrrite et des nids de minerai d'argent, particulièrement d'argent rouge et de cuivre gris argentifère. Un fait singulier est que les carbonates sont absolument défaut au Kreuzberg, ainsi que la barytine, la galène, la blende, l'antimoine, le réalgar, habituellement si fréquents dans les filons de ce type.

Non loin de Nagybanya, se trouvent les exploitations de Felsobanya, de Kapnik et d'Olah-Lapos-Banya.

Felsobanya est située au pied de la montagne de Grossgruben, qui de tous les côtés est séparée des montagnes

(1) B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 31. — Fr. v. Richthofen, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1860, p. 238.

voisines. Elle est composée principalement de trachyte amphibolique et son pied est entouré de couches tertiaires. Elle contient des filons dont la direction générale est h. 6 et qui présentent, suivant l'inclinaison, une disposition en éventail : le système a en effet, au jour, 480 mètres de largeur et se rétrécit graduellement en profondeur. Les filons, qui ont des puissances de 2 à 24 mètres et des pendages de 45 à 70°, se trouvent à la limite du trachyte amphibolique et du trachyte gris plus récent, qui le traverse sur le versant sud de la montagne. La roche encaissante est un conglomérat de frottement qui suit la surface de contact des deux trachytes et est formé de fragments du trachyte amphibolique, rarement de fragments des roches tertiaires, cimentés par du trachyte gris. La formation de ce conglomérat de frottement qui, somme toute, a le facies d'une roche altérée et très décomposée, a la relation la plus évidente avec celle des filons métallifères. Ceux-ci ne constituent que dans certains cas des fentes continues, ouvertes; le plus souvent, les gangues et les minerais remplissent les intervalles compris entre les fragments du conglomérat dans lequel ils remplacent le ciment habituel. L'élément le plus ancien et le plus important du remplissage est du quartz impur avec pyrites; il enveloppe les fragments, tapisse les parois des fentes et a généralement silicifié la roche.

Le quartz ne manque que rarement; on trouve alors d'autres minéraux, comme le réalgar et la stibine, en beaux cristaux entre les roches souvent altérées jusqu'à être méconnaissables. Après le quartz viennent les sulfures, pyrite aurifère, galène argentifère, blende, chalcopryrite rare, stibine, réalgar et argyrose (rare), puis la barytine et le gypse (voir, au sujet des cristaux de barytine implantés sur des aiguilles de stibine, le n° 136). Les dernières formations sont de la calcite et du braunspath, en petites quantités.

On trouve à Kapnik un gisement tout à fait semblable, mais on doit y distinguer deux systèmes de filons. Le plus ancien court, comme celui de Felsobanya, sur h. 6 et est encaissé dans un conglomérat de frottement au contact du trachyte amphibolique et du trachyte gris. Les remplissages rappellent les parties non quartzeuses des filons de Felsobanya. Lorsque le quartz disparaît entièrement, les minerais, parmi lesquels de beaux cristaux de réalgar, reposent directement sur la roche altérée. Le système le plus récent a la direction des filons de Nagybanya (h. 2 à 3). La puissance est faible : elle varie de 0^m,30 à 1^m,25, rarement de 1^m,50 à 2^m,50. Le quartz et la pyrite ont, comme à Nagybanya, imprégné la roche encaissante. On trouve, en veines, de la blende et de la galène. Les filons s'ouvrent souvent de manière à former des cavités considérables, contenant les beaux cristaux qui ont fait la célébrité de Kapnik.

A Olah-Lapos-Banya, le trachyte amphibolique a métamorphisé les couches tertiaires. Les filons, à la traversée de ce trachyte, sont absolument semblables à ceux de Kapnik, mais ils ne contiennent que du quartz avec imprégnations de pyrites, lorsqu'ils pénètrent dans les couches tertiaires.

89. *Suite du type Nagyag.* — Nous avons dit tout à l'heure que l'on trouve en Amérique des filons de quartz aurifère tout à fait analogues à ceux de Hongrie et du Siebenburgen. Le filon de Comstock (1), si célèbre par ses énormes richesses, mérite d'être cité en première ligne. Il affleure près de Virginia-City, en Névada, sur le versant oriental de la Sierra-Névada. Les roches des environs de Virginia-City sont généralement récentes et d'origine vol-

(1) Fr. v. Richthofen. *The Comstocklode*, San-Francisco, 1865. — B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 413. — Fr. Richthofen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1869, p. 729. — H. Koch, *Zeitschr. f. Berg, Hütten. u. Salinenw. im preuss. Staat.* 1878, t. XXVI, p. 43.

Voir aussi Burthe, *Ann. des mines*, 7^e série, t. V, 1874, g. 218 (N. du tr.)

canique : ce sont des basaltes, des trachytes, des andésites et des propylites. Les roches anciennes sont représentées par quelques pointements de granite et de syénite et par des calcaires triasiques. Le filon de Comstock est, sur une partie de son cours, encaissé dans la propylite ; mais, dans la région moyenne, la plus riche, le toit seul est de la propylite, le mur de la syénite (*fig. 70*). D'après v. Richthofen, le filon est plus récent que la propylite dans

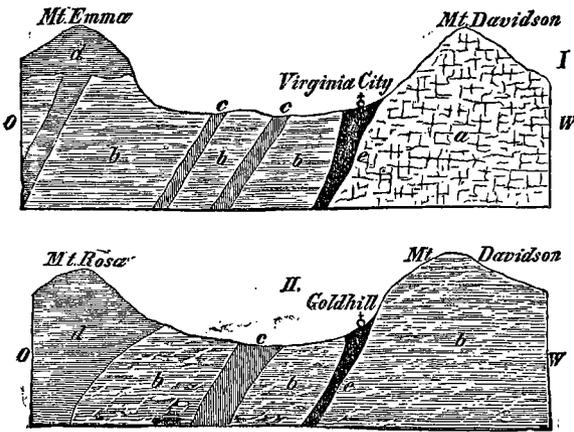


Fig. 70. — Profils du filon de Comstock.

a, syénite ; b, propylite ; c, andésite ; d, trachyte ; e, filon de Comstock.

laquelle il est encaissé et doit sa formation aux éruptions d'andésite et de trachyte miocènes et pliocènes qui traversent la propylite.

Le filon commence à un kilomètre à peine au nord de Virginia-City et peut se suivre sur 4 kilomètres de longueur ; il court du sud-ouest au nord-est. L'affleurement présente des ramifications notables, lui donnant une puissance de 150 à 190 mètres et les allures d'un amas. Ce n'est qu'à 50 mètres de profondeur que le filon prend une inclinaison régulière de 35 à 50° ; sa puissance normale varie alors depuis quelques mètres jusqu'à 30 mètres. Le

remplissage consiste principalement en fragments de la roche encaissante, quartz grenu et argile ; celle-ci peut atteindre, aux salbandes, jusqu'à 8 mètres d'épaisseur. Les minerais formant de très fines imprégnations, très rarement cristallisés, décomposés aux affleurements et y constituant un chapeau de fer, sont : le psaturöse, l'argyrose, l'argent natif, la galène argentifère, l'argent rouge, la polybasite, la kërargyrite, l'or natif, la pyrite, la chalcopryrite, la blende, la calcite, le gypse, des zéolithes, etc. Les parties riches sont disposées en colonnes.

On retrouve des filons du même type, encore dans la propylite, à Esmeralda, à douze milles au sud du filon de Comstock, dans le district de Zaruma (Equateur) (1) et en divers autres points.

Les rhyolithes elles-mêmes, à la faveur de l'éruption desquelles, d'après Fr. v. Richthofen, se sont formés les filons traversant les propylites, ne contiennent que très rarement des filons métallifères. On peut y citer cependant quelques filons de quartz aurifère à Bodie, près d'Esmeralda (2).

On rencontre aussi sur quelques points des filons de quartz aurifère dans les représentants anciens de ces roches acides, par exemple dans les granites de la côte du Chili, dans la protogine de la Gardette (3), près de Bourg d'Oisans, département de l'Isère, etc.

Le filon de la Gardette, que Graff a décrit avec beaucoup de précision, a une structure extrêmement remarquable. Il est formé de dix assises non symétriques, séparées les unes des autres par des surfaces de glissement ou miroirs avec stries horizontales. Il est probable que les stries étaient à l'origine parallèles à la ligne de pente et n'ont été ame-

(1) Th. Wolf, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1876, p. 393.

(2) Fr. v. Richthofen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1869, t. XXI, p. 729.

(3) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 327.

nées à leur position actuelle que par un renversement des couches. Le remplissage est du quartz, avec or natif, galène, cuivre gris, chalcopryrite, pyrite de fer, etc.

L'influence de la roche encaissante donne un intérêt spécial aux filons de Beresowks (1), dans l'Oural, qui forment le gîte aurifère en place le plus important de la chaîne. A deux milles d'Ekatherinenbourg, les schistes cristallins, schistes chloriteux, talqueux, argileux et quartzifères, sont traversés dans la direction du nord-ouest au sud-est par une large zone de granite à grain fin qui se divise au nord de Beresowks en filons isolés et qui est elle-même traversée par de nombreux filons de quartz de 2 à 30 centimètres de puissance; ils ne sont minéralisés que dans le granite. « Le granite lui-même est imprégné, au voisinage des filons, de pyrite transformée en limonite et forme alors une variété particulière qui a reçu le nom de *bérésite*. » On trouve dans les filons de quartz, outre l'or et la pyrite, beaucoup d'autres minéraux en petits nids irréguliers, notamment la chalcopryrite, la galène argentifère, le cuivre gris, la patrinite, la scorodite, la phœnicite, la jossaité, la vauquelinite, la céruse, la crocoïse, la pyromorphite, le bismuthocre, la tourmaline, le talc, la pyrophyllite, la dolomie.

Le filon de felsiteporphyre du district de Kilkiwan (2) (Australie), qui traverse des schistes anciens et des grès, contient, dans beaucoup de fentes de 2 millimètres au plus de puissance, de l'or et de la pyrite de fer. De même les serpentines affleurant près du filon de porphyre sont parfois traversées par un réseau de filons de quartz aurifère dont la puissance varie depuis quelques millimètres jusqu'à 5 centimètres.

A Woodspoint, dans le district de Victoria (1), un filon

(1) H. Müller. *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 108.

(2) G. Wolff, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1877, t. XXIX, p. 82.

de diorite est venu au jour à côté d'un filon de quartz aurifère, dans lequel il a produit de nombreuses ramifications. Le filon de diorite contient de la pyrite aurifère et est traversé par des veines de quartz. On peut admettre que le quartz, l'or et la pyrite sont dans la diorite des produits secondaires et proviennent du filon voisin de quartz aurifère.

90. Type Schemnitz. — *Caractères : filons de quartz contenant des minerais d'argent, parfois de l'or natif et accidentellement un grand nombre de minéraux, dans des roches éruptives, trachyte amphibolique, porphyres divers, diorite, granite, etc.*

Quelques-uns des filons encaissés dans la propylite que nous venons de décrire contiennent, dans le quartz aurifère ou à côté, des minerais d'argent riches, tels que l'argent rouge ou l'argyrose, en plus ou moins grande abondance; dans le filon de Comstock notamment, ces minerais sont assez abondants pour qu'on doive se demander s'il ne serait pas plus juste de le ranger dans le type de Schemnitz. Dans tous les cas, il est impossible d'établir une démarcation tranchée entre les filons aurifères et les filons argentifères; les filons d'argent que nous allons décrire et qui sont généralement encaissés dans la propylite, contiennent en effet de l'or en proportion appréciable.

Les filons de Schemnitz et de Kremnitz sont particulièrement caractéristiques. A Hodritsch, près de Schemnitz (1), affleure une petite masse de syénite, complètement entourée de trachyte amphibolique (propylite). W. Judd et G. v.

(1) B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 9. — Windakiewicz *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1864, p. 504. — Fessler, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1866, p. 508. — G. Faller, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.*, 1867, p. 107. — M. Lipold, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1867, p. 317.

Voir aussi Zeiller et Henry, *Ann. des mines*, 7^e série, t. III, 1873, p. 207 (N. du trad.)

Rath ont récemment mis en doute la classification de cet affleurement parmi les roches syénitiques : la question n'est pas tranchée et nous continuerons à suivre l'ancienne manière de voir, adoptée par Pettko, Adrian et Lipold. D'après Lipold, le massif syénitique de Hodritsch a en profondeur beaucoup plus de développement qu'à la surface. Il est entouré d'un manteau de schistes dévoniens métamorphisés et de roches triasiques. Les roches éruptives tertiaires forment des filons traversant la syénite et les dépôts sédimentaires, par dessus lesquels elles s'étendent en masses considérables. Le trachyte amphibolique (propylite) est la roche éruptive tertiaire la plus ancienne : il constitue des épanchements gigantesques ; il est, comme dans les autres districts métallifères analogues de Hongrie et d'Amérique, traversé par des filons de rhyolithe, dont quelques-uns, à Schemnitz, sont eux-mêmes métallifères. Ainsi, d'après Lipold, le Grünergang, les filons Johann et Biber seraient simplement des filons de rhyolithe, contenant des veines et des cordons de minerai d'argent. Mais le mode de répartition des minerais oblige à admettre une infiltration ultérieure du minerai dans les filons rhyolithique, c'est-à-dire une formation métallifère postérieure à celle du filon de rhyolithe. On trouve dans la syénite des filons de dacite qui accompagnent les filons métallifères et peuvent en avoir amené la formation. Les relations d'âge entre les filons de rhyolithe traversant la propylite et les filons de dacite traversant la syénite sont inconnues.

On connaît dans les roches éruptives un grand nombre de filons. Ceux qui sont encaissés dans la propylite ont une direction beaucoup plus régulière que ceux qui traversent la syénite ; les premiers courent principalement du sud-ouest au nord-est, tandis que les seconds vont du sud-ouest au nord-est, du sud au nord et parfois de l'est à l'ouest. L'inclinaison est forte ; elle est généralement de 75° vers le sud-est, plus rarement vers le nord-ouest.

Quelques filons ont été explorés sur de grandes longueurs, par exemple le Grünergang sur 2,000 mètres, le filon Spitaler sur 8,000 mètres : ce dernier filon ayant jusqu'à 40 mètres de puissance est ainsi l'un des plus considérables de la terre.

Du côté du sud-ouest, les filons de Schemnitz passent de la propylite dans les couches miocènes, ce qui prouve qu'ils sont de formation extrêmement récente. Ils sont caractérisés par une grande puissance, pouvant atteindre 40 mètres, et par un remplissage de roches broyées et décomposées, dans lequel les minerais se présentent en imprégnations, en veines et comme ciment de conglomérats bréchiformes; ils n'ont pas de salbandes nettes et ressemblent plus à des zones de roches imprégnées de minerais qu'à de simples remplissages de fentes.

Les remplissages varient beaucoup d'un filon à l'autre; ceux formés de masses argileuses ou de roches silicifiées, de jaspe, de quartz et d'améthyste sont particulièrement abondants. On y remarque tout spécialement une variété de quartz colorée en rouge brun, peut être par de l'oxyde de fer, riche en or et imprégnée de galène, blende, chalcopryrite et pyrite de fer, à laquelle on a donné le nom local de *sinople*. Outre les minerais précités contenus dans le sinople, qui jouent dans les filons un grand rôle et y prennent les formes les plus variées, on trouve beaucoup de minerais riches d'argent, l'argent natif, l'argyrose, le psaturöse, la polybasite et l'argent rouge. Celui-ci se rencontre surtout dans les filons de la syénite de Hodritsch, plus rarement à Schemnitz même. Parmi les minéraux de formation récente, il y a lieu de citer la calcite, le braunspath, la diallogite, la sidérose, la barytine et le gypse.

Les parties riches forment, dans les filons, des colonnes ou des masses irrégulières; leurs caractères varient, non seulement d'un filon à l'autre, mais encore, dans un même filon, d'une région à une autre. Ainsi, pour nous borner à

un exemple, le filon Spitaler ne contient dans sa partie nord-nord-est que de l'or, de la galène, de la blende et de la chalcopryrite, la galène jouant le rôle principal, tandis que les travaux du sud-sud-ouest donnent presque exclusivement des minerais d'argent. Les filons les plus importants sont encaissés dans la propylite : ce sont le filon vert (*Grünergang*), les filons *Stefan*, *Johann*, *Spitaler*, *Biber* et *Theresia*.

A Kremnitz (1), un amas de propylite entouré de tra-

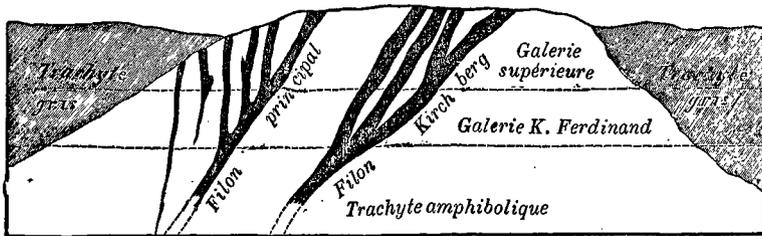


Fig. 71. — Filons de Kremnitz, d'après Windakiewicz.

chyste gris et ayant 8.000 mètres environ de longueur sur une largeur de 2 à 4.000 mètres est traversé par un grand nombre de filons et de veines de minéral, intimement mêlés à la roche encaissante et dont une partie disparaissent sans laisser de traces, soit en direction, soit en inclinaison. A l'exception du filon Georges, ou *filon argileux*, ils n'ont pas de salbandes. La propylite contient de fines imprégnations de pyrites aurifères, qui se concentrent particulièrement au voisinage des filons et des failles. Bien que l'ensemble fasse l'impression d'un stockwerk plutôt que d'une formation filonienne régulière, ce n'est cependant pas, à proprement parler, un amas, car on peut observer dans la propylite deux systèmes de filons distincts, parallèles, courant du nord au sud, appelés, l'un, *système du filon principal*, l'autre, *système du filon Georges-Sigis-*

(1) Windakiewicz, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1866, t. 16, p. 217.

mond. Le premier comprend les filons *principal*, *Schrämer*, *Kirchberg*, *Schindler* et *Catherine*, reliés les uns aux autres par des fentes et par des veines nombreuses et puissantes. Les filons de ce système plongent de 45 à 55° vers l'est; ceux du toit ont une plus forte inclinaison que ceux du mur, de sorte que tout le système converge vers la profondeur en ressemblant à un éventail ouvert vers le haut (*fig.* 74). Leur puissance est très considérable : elle atteint 19 et 30 mètres et s'élève jusqu'à 95 mètres aux points de rencontre. Les remplissages sont principalement du quartz, du jaspé et des fragments de la roche encaissante décomposés ou même transformés en argile. Le quartz est mélangé de pyrites aurifères et argentifères si finement disséminées qu'elles lui donnent une couleur grise.

Le système du filon *Georges-Sigismond* comprend le *filon argileux*, qui plonge de 65° vers l'ouest et le filon *Georges-Sigismond* au toit du précédent, qui plonge de 70° vers l'est. Ces deux filons se rencontrent en profondeur; la roche qui les sépare est traversée par de nombreux systèmes de cassures. Les remplissages sont de même nature que dans l'autre système; ils sont en outre caractérisés par la présence de stibine aurifère et d'or natif. Les minéraux les plus fréquents dans les filons sont toutes les variétés de quartz, la calcite, le braunspath, la barytine, la pyrite aurifère et argentifère, la stibine, le cuivre gris, le psaturöse, l'argent rouge, l'argyrose; on trouve en outre, rarement, le mispickel, la blende, la galène, la chalcoppyrite, le cinabre. Comme à Schemnitz, on trouve dans les filons de Kremnitz de fréquentes formations bréchiformes et de magnifiques sphérolithes. L'affleurement des filons paraît avoir été particulièrement riche en or par suite de la décomposition du remplissage.

A Turcz (1), au voisinage de Nagybanya, un trachyte

(1) v. Cotta. *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 69.

amphibolique (propylite) altéré est traversé par un grand nombre de filons réticulés de 0^m,50 à 1 mètre de puissance, contenant du quartz, du jaspé, de la marcasite, de la blende argentifère, de la galène, de l'argent rouge et de l'argyrose terreux. La calcite ne s'y rencontre qu'accidentellement dans des fissures de la roche encaissante ; la barytine et la chalcopryrite y sont inconnues. Les filons passent des trachytes amphiboliques dans des grès et des schistes tertiaires.

91. *Suite du type Schemnitz.* — On trouve en Bolivie et au Mexique des filons métallifères analogues à ceux de Kremnitz et de Schemnitz dans des roches porphyriques qui ne sont pas encore assez étudiées pour qu'on puisse les comparer à d'autres roches connues et en déterminer l'âge.

A Oruro (1), en Bolivie, entre La Paz et Potosi, un porphyre qui a fait éruption au milieu de phyllades tendres d'un blanc grisâtre est traversé par une infinité de filons, généralement dirigés de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest plongeant de 45 à 85° vers le nord, et ayant des puissances qui varient depuis 0^m,10 jusqu'à plusieurs mètres. Ils ont rarement des salbandes nettes ; parfois seulement le toit est marqué par un enduit argileux. Le remplissage consiste principalement en porphyre imprégné de pyrites ; il présente cette singularité, de renfermer quelquefois des fragments anguleux d'un phyllade gris noir. On trouve, dans des veines particulières, de l'argent rouge, du psalurose, de l'hétéromorphite, de la stibine, du cuivre gris argentifère et de la cassitérite. Près de la surface, les minerais sont transformés en *pacos*, plus bas en *mulatos* et en *negrillos* (v. p. 106).

La célèbre montagne de Potosi (2), en Bolivie, forme

(1) H. Reck, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 77.

(2) H. Reck, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1858, p. 275 et 289 et 1866, p. 389. — L. Lemuhot, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1859, p. 6, 14, 20 (Compte rendu).

un dôme qui s'élève de 1.000 mètres environ au-dessus du haut-plateau de la Cordillère. La roche, depuis le sommet jusqu'à 400 mètres au-dessous, est un porphyre quartzifère; la partie inférieure est formée d'un phyllade silurien (?), semblable à un manteau recouvrant le noyau porphyrique. C'est la partie supérieure de la montagne qui est le siège principal de l'ancienne exploitation. Le porphyre y est traversé par une soixantaine de filons dirigés du nord-nord-est au sud-sud-ouest, plongeant de 65 à 90° vers l'est et en outre par un grand nombre d'autres petites veines, en partie exploitables. Les filons descendent dans la partie inférieure de la montagne et y passent du porphyre au phyllade où cependant ils deviennent moins riches. Ils contiennent du quartz, de la pyrite, de l'argent rouge, du cuivre gris, de la cassitérite, de la kérargyrite et de l'argent natif. Comme à Oruro, les minerais des affleurements sont des *pacos*; on trouve au-dessous des *mulatos* et des *negrillos*, mais ceux-ci ne commencent que dans la zone des phyllades.

Près de Pachuca, à 22 lieues au nord-est de la ville de Mexico, se trouve le centre minier de Real del Monte (1). La sierra de Pachuca, voisine de cette localité, est formée d'un porphyre de couleurs variées, dans lequel sont encaissés les filons. Ceux-ci ne pénètrent pas dans une roche éruptive plus récente qui traverse le porphyre, circonstance qui rappelle des phénomènes analogues, en Hongrie par exemple. Le seul dépôt sédimentaire des environs de Pachuca et de Real del Monte est une formation détritique dont les éléments sont empruntés au porphyre. Le nombre des filons est très grand; ils sont généralement parallèles, courant de l'est à l'ouest en plongeant de 70° vers le sud, rarement vers le nord. Les croiseurs, dirigés nord-sud,

(1) Richter et Hübner, *Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten u. Salinenwesen im. preuss. Staat*, 1873, t. XXI, p. 103.

sont rares et peu puissants. Le remplissage principal de ces filons consiste en quartz et en porphyre décomposé, imprégné de pyrites particulièrement abondantes au voisinage des salbandes : celles-ci sont d'ailleurs peu accentuées. La calcite est rare, la barytine plus rare encore. Comme minerai, on trouve de l'argent natif et de l'argyrose, généralement en fine imprégnation; l'argent rouge, la blende, la chalcoppyrite sont très rares. La teneur moyenne du minerai n'est que de 0,15 à 0,18 p. 100 d'argent, mais l'argent extrait contient 0,20 p. 100 d'or.

Le filon le plus puissant est celui d'*Arevalo*, près d'El Chico, qui a de 16^m,70 à 25 mètres de puissance, mais contient beaucoup de parties stériles. Le plus étendu est la *veta Viscayna*, de 3^m,30 de puissance, qui a été suivie sur 10,000 mètres et qui se relie peut-être à la *veta madre* de Guanajuato (v. n° 109). L'affleurement des filons forme des dykes saillants au-dessus du porphyre notablement attaqué par les agents atmosphériques. Au point de vue des combinaisons minérales qui caractérisent le remplissage, on distingue, de haut en bas, trois zones : 1° zone du minerai brûlé (*quemazon*), contenant un mélange de minéraux dans lequel dominant les minerais de manganèse, la psilomélane et la pyrolusite; 2° zone des *colorados*, ou des minerais et roches fortement colorés en rouge par de l'oxyde de fer; 3° zone des minerais bleus (*pinto azul*), avec remplissage de quartz coloré en gris bleu par de fines imprégnations de minerais d'argent.

Le filon le plus important du Mexique, la *veta madre* de Guanajuato, qui est encaissée dans des roches sédimentaires, est accompagné de filons argentifères traversant des roches éruptives, par exemple, à Sta-Rosa et à Villapando, de filons de quartz avec minerais d'argent et or natif dans un porphyre, à Luz, de filons dans la diorite (?). Les filons de Luz ont de 3 à 5 mètres, rarement 15 mètres de puissance; ils contiennent du quartz, de la calcite et une roche

talqueuse friable, imprégnée de minéral d'argent, appelée dans le pays *jabon* (savon). Les minerais d'argent sont l'argent rouge, de couleur tantôt claire, tantôt foncée, et le psaturese; les géodes présentent des cristaux magnifiques. Les parties riches ont la forme de colonnes de 50 à 60 mètres de largeur : on les a suivies jusqu'à une profondeur de 400 mètres.

Dans la basse Californie (1), le granite et parfois le porphyre dioritique et le micaschiste contiennent des filons de minéral d'argent, avec argyrose, argent rouge, cuivre gris, galène, chalcosine, pyrite, mispickel, blende, quartz, barytine, calcite, etc., et, près de la surface, avec argent natif, kërargyrite, limonite, minerais oxydés de cuivre, etc.

Parmi les filons argentifères assez peu nombreux qui sont encaissés dans le granite, ceux de Wittichen (2), dans la Forêt-Noire, méritent à divers égards une attention particulière (v. n° 152). Ils traversent un granite riche en pinite et deviennent stériles ou disparaissent dès qu'ils pénètrent dans le granite dur, non décomposé. Ils ont des directions comprises entre h. 9 et h. 12, une forte inclinaison (de 75 à 80°) et une faible puissance (de 0^m,07 à 0^m,25, rarement davantage). Leurs remplissages ont été décrits p. 99. Les minerais forment des nids et diminuent en profondeur. Le filon le plus important est celui de la mine Sophie, près duquel le granite s'est montré parfois pénétré par un grand nombre de veinules d'argent natif. Les filons de Wittichen contiennent, comme éléments qui leur sont propres et ne se retrouvent pas dans les autres gîtes du type qui nous occupe, des minerais de cobalt, de nickel et de bismuth : on pourrait dès lors en faire les représentants d'un type particulier.

(1) A. del Castillo, *Zeitschr. f. Berg, Hütten u. Salinenwesen im preuss. Staat*, note traduite par Burkart, t. XIV, p. 105.

(2) Fr. Sandberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1868, p. 385.

92. **Type Pontgibaud.** — *Caractères : filons traversant des roches éruptives (granite, diorite, syénite, etc.) et contenant de la galène argentifère, de la blende, de la chalcoppyrite, de la pyrite de fer et d'autres minerais subordonnés, du quartz, de la calcite, de la fluorine, de la barytine, etc.*

Les granites du centre de la France contiennent, dans le Forez (1) et aux environs de Pontgibaud, près de Clermont, des filons de galène dans lesquels la gangue caractéristique est de la barytine. Les filons de Pontgibaud se trouvent au voisinage des volcans éteints de l'Auvergne, mais ne pénètrent jamais dans les roches volcaniques récentes. Le remplissage, sauf dans un filon formé de quartz avec imprégnations de galène, consiste en un granite altéré. Le granite ancien paraît avoir été traversé par des filons de granite plus récent, dans lesquels les minerais n'auraient pénétré que plus tard : ils se présentent, en effet, soit en imprégnations, soit en veines de sécrétion isolées (comparer Schemnitz, p. 231). Les gangues sont le quartz, la barytine et la fluorine, mais ces minéraux sont loin d'être uniformément distribués : c'est tantôt l'un, tantôt l'autre qui prédomine. Le principal minerai est de la galène argentifère, accompagnée de blende, pyrite et cuivre gris. Les parties riches affectent une disposition en colonnes de 50 à 60 mètres, au plus 150 mètres de largeur, alternant avec des zones stériles.

A la mine de Liganure (2), près de Wicklow (Irlande), des filons de granite récent accompagnent aussi les filons de galène qui traversent les granites anciens et qui contiennent, outre la galène, de la blende, parfois de la chalcoppyrite, du quartz, de la calcite et de la fluorine.

A Linares (3), dans la partie supérieure du bassin du

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 409 et 418.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 504.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 451.

Guadalquivir, le granite est traversé par de nombreux filons de galène avec blende, pyrite de fer, chalcopryrite, gangue principalement quartzeuse, barytine, calcite et sidérose. Les filons passent aussi dans des grès qui recouvrent le granite, ont de 8 à 10 mètres de puissance et appartiennent probablement au trias; ils forment à l'affleurement des dykes quartzeux qui s'élèvent au-dessus de la surface du sol. On y a trouvé, jusqu'à 80 mètres du jour, des produits de décomposition et notamment de la céruse et de la linarite. Les minerais sont disposés en colonnes; les masses de galène les plus homogènes se trouvent aux croisements et dans les parties où les filons ont de 2 à 3 mètres de puissance, tandis que les parties peu puissantes se sont toujours montrées pauvres.

Les porphyres augitiques, les micaschistes et les phyllades du mont Pareu Dracului (1), près de Sinka, aux environs de Kronstadt (Siebenbürgen), sont traversés par des filons de galène de 0^m,10 à 0^m,90 de puissance, contenant des gangues très particulières : ce sont tantôt des masses quartzieuses et schisteuses déposées près des salbandes, tantôt des schistes tendres et pourris, dits *schistes sauvages*. Le remplissage se compose principalement « de phyllade passant à de l'argile bleue, avec fragments de quartz et cristaux de pyrite de fer, dans lequel la galène et d'autres minerais sont répartis en nids. Les nids de galène ne se rencontrent que dans une zone de 40 mètres environ de largeur, plongeant vers le sud » et seulement aux points où le porphyre est altéré et fissuré et où les schistes sauvages manquent ou sont très peu puissants.

Le Pfundrersberg (2), près de Klausen (Tyrol méridional), est formé d'un phyllade micacé contenant une

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 270.

(2) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 378. — A. R. Schmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 267.

puissante masse de diorite. Au contact de la diorite et du phyllade se trouve une roche feldspathique spéciale, appelée *feldstein* par les mineurs. Ces roches, d'après A. R. Schmidt, ne sont pas nettement séparées les unes des autres ; elles se touchent et s'enchevêtrent au contraire par des veines de plusieurs mètres de puissance, dans lesquelles sont mélangés des fragments des deux roches au contact. Trois filons traversent tout le système ; ils sont dirigés à peu près h. 5, mais convergent vers l'ouest ; ils plongent de 60 à 80° vers le nord, sont accompagnés de veines latérales, peuvent atteindre 8 mètres de puissance et ont toutes les allures de filons composés. L'influence qu'exerce sur le remplissage la roche encaissante mérite d'être remarquée. C'est dans la diorite que les filons sont le plus riches : ils y contiennent de la galène argentifère, de la blende, de la chalcopryrite, de la pyrite de fer ; dans le feldstein et dans le schiste, la galène manque entièrement : on n'y trouve que de la pyrite de fer et de cuivre. Dès que les filons pénètrent dans les schistes, ils s'y appauvrissent sensiblement. Nous avons parlé plus haut (p. 91) des concrétions que l'on rencontre dans ces filons.

93. **Type Magurka.** — *Caractères : filons contenant essentiellement de la stibine, dans des roches éruptives.*

« Magurka (1), en Hongrie, se trouve sur le versant nord de la chaîne granitique de 1.200 à 1.800 mètres de hauteur, qui sépare le comitat de Sohl de la Leptau, en même temps que les bassins hydrographiques de la Gran et de la Waag. » Le granite y contient plusieurs filons avec stibine, quartz et or natif, parmi lesquels celui du nord est exploité.

La puissance du filon varie depuis quelques centimètres

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 123. — R. Meier, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1868, p. 257.

jusqu'à 4 mètres; son inclinaison, également très variable, descend parfois jusqu'à 25 ou 35°. Plusieurs failles transversales y produisent des rejets importants. Le granite est fortement modifié au voisinage du filon. Le feldspath est transformé en un minéral jaune verdâtre, d'aspect cireux, et le mica, primitivement noir, est devenu blanc d'argent.

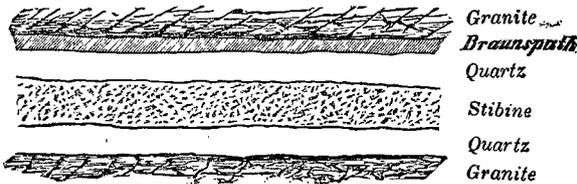


Fig. 72. — Filon de stibine de Magurka, d'après v. Cotta.

Le remplissage consiste principalement en quartz, stibine et granite; le quartz contient de fines imprégnations, parfois aussi des fils et des grains distincts d'or argentifère. Comme éléments subordonnés, on trouve de la galène, de la blende, de la pyrite de fer, de la chalcopryrite, du braunspath et de la calcite. Aux points les plus riches, la stibine a 2 mètres de puissance, mais elle diminue ensuite très rapidement. Le minerai contient beaucoup de fragments de granite de dimensions très variées : il repose directement sur le granite ou en est séparé par des zones de quartz. En un point qui présente un remplissage à symétrie simple, avec stibine dans le milieu et quartz des deux côtés, le filon est accompagné le long d'une des salbandes par une veine de braunspath de formation plus récente (v. *fig.* 72 et p. 79).

94. Type Altenberg. — *Caractères : filons de cassitérite, avec minéraux caractéristiques habituels de ces filons, dans le granite, l'hyalomictite et le felsitoporphyre.*

Les gîtes de ce type sont en majeure partie des

stockwerks caractérisés (v. p. 68) et se trouvent principalement dans l'Erzgebirg saxon, en Bretagne, dans le Cornwall, dans les îles des Indes orientales et en Australie. Les minéraux qui forment le cortège habituel de la cassitérite sont le quartz, le mica lépidolite, le feldspath, la tourmaline, la topaze, l'apatite, le wolfram, le mispickel, la molybdénite, la fluorine.

Le stockwerk stannifère d'Altenberg (1), dans l'Erzgebirg saxon, est un amas de roches granitiques particulières, descendant jusqu'à une profondeur inconnue, ayant 900 mètres environ de longueur et de largeur, qui est entouré de porphyre quartzifère, de porphyre granitoïde et de granite, dont il ne se sépare pas nettement. Au point de vue industriel, la partie importante du gîte est le *zwitter* ou *stockwerksporphyr*, c'est-à-dire une roche foncée, analogue à l'hyalomictite, composée essentiellement de quartz et de mica passant à la chlorite, en mélange extrêmement intime, et contenant toujours, sous forme de poussière très fine, de la cassitérite et des quantités plus ou moins grandes de mispickel, de bismuth natif, de fluorine et d'autres minéraux plus rares. Comme cette roche ne présente ni pâte felsitique compacte, ni gros cristaux empâtés, le nom de *stockwerksporphyr* que lui ont donné les mineurs est essentiellement impropre et on doit, dans tous les cas, lui préférer celui, également usité, de *zwitter*. Le *zwitter*, dont la teneur en étain est de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ p. 100, est traversé dans toutes les directions par des veines de quartz qui adhèrent fortement à la roche encaissante et contiennent outre les minéraux de cette roche, de la molybdénite, de la bismuthine et de la nacrite. On trouve en outre des filons réguliers, orientés les uns du nord-est au sud-ouest, les autres du nord-ouest au sud-est, ayant comme rem-

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 14. — H. Müller, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1865, p. 178.

plissage la roche encaissante altérée et ferrugineuse, de l'argile rouge, un peu de quartz et peu de cassitérite : les épontes, au voisinage immédiat de ces filons, sont particulièrement riches en étain. Leur puissance atteint 0^m,10 ; ils ont une forte inclinaison et sont généralement rapprochés les uns des autres, de manière à former des systèmes de filons ; ils passent aussi du stockwerk dans les porphyres et granites voisins, où ils ont été exploités comme filons isolés de minerai d'étain.

Le *zwitter* qui, en plan horizontal, a 400 mètres de longueur et de largeur et qui conserve les mêmes dimensions en profondeur est loin d'être nettement séparé du granite à grain fin de l'amas avec lequel il se confond graduellement. Ce granite est, comme le *zwitter*, traversé dans toutes les directions par des veines de quartz qui contiennent, dans l'ensemble, les minéraux que nous venons de citer. Un fait digne d'attention est que ces veines de quartz sont accompagnées des deux côtés par des bandes de couleur foncée, identiques au *zwitter* et se perdant comme lui dans le granite sans démarcation tranchée. D'après v. Cotta, tout l'amas était primitivement formé de granite qui se serait transformé en *zwitter* au voisinage et à des distances plus ou moins grandes des fentes qui le traversent (v. n° 156).

Le stockwerk de Geyer (1), dans l'Erzgebirg saxon, ressemble à beaucoup d'égards à celui d'Altenberg. C'est un dôme de granite à base grossièrement elliptique et dont le sommet est enlevé suivant une troncature irrégulière ; il est intercalé dans des gneiss et des micaschistes. A l'inverse de ce qui se produit habituellement, le granite, au lieu d'avoir métamorphisé les roches voisines, a été modifié à leur contact ; ses éléments ont très largement cris-

(1) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 28. — A. Stelzner, *Beiträge zur geognostischen Kenntniss d. Erzgebirges*. — H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXX, 1878, p. 538.

tallisé ; la zone où le granite présente ainsi un facies tout spécial, qui lui a fait donner le nom de *granite gigantesque*, atteint 3 mètres de largeur et est désignée par les mineurs sous le nom de *stockscheider*. Ce qui est digne d'attention, c'est que la même cristallisation exceptionnelle s'est produite aussi au contact des fragments de la roche encaissante, que l'on trouve en divers points au milieu du granite ordinaire. L'amas granitique est traversé par une infinité de filons de 0^m,006 à 0^m,10 de puissance, pouvant se grouper en 19 systèmes orientés h. 3 à 4, plongeant de 70 à 80° vers le nord-ouest et pénétrant dans le gneiss et les micaschistes voisins sans changer de direction ni d'inclinaison. Les filons contiennent surtout du quartz avec les minéraux suivants, rangés par ordre d'âge : cassitérite, mispickel, béryl, wolfram, topaze, phengite, molybdénite, herdérîte, apatite et fluorine. Le granite des épontes a perdu ses caractères habituels ; le quartz y domine, passant graduellement d'une part à du quartz de filon pur, de l'autre au granite proprement dit. Tout le stockwerk avec ses filons, avec les gneiss et micaschistes voisins, est traversé par un filon de minerai de fer, appelé le filon rouge (voir p. 207).

Le stockwerk de Zinnwald (1), également dans l'Erzgebirg saxon, a des caractères qui lui sont propres et qui ne se retrouvent pas ailleurs. Il forme au milieu d'un felsite-porphyre un dôme granitique surbaissé dont le sommet a été coupé par la surface du terrain. Une section horizontale y donne une ellipse allongée dont les axes ont, à l'affleurement, 1.360 et 480 mètres de longueur. La roche de l'amas est un granite à grain fin ou moyen, généralement très altéré, contenant des nids et des mouches d'hyalomictite, dont les dimensions, très variables, peuvent aller jusqu'à 100 mètres de diamètre. Tantôt l'hyalomictite se confond graduellement avec le granite par des passages

(1) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1865, p. 179.

insensibles, tantôt elle en est nettement séparée. Le dôme souterrain de granite se divise, suivant des surfaces de séparation concentriques, en une série d'assises emboîtées les unes dans les autres et séparées par des fissures ou filons parallèles à la surface extérieure de l'amas. Ces filons tout particuliers, horizontaux sous la partie supérieure de la masse granitique et plongeant ensuite doucement dans tous les sens, ont de 0^m,10 à 0^m,75 de puissance, sont séparés à la partie supérieure par des intervalles de 4 à 12 mètres, à la partie inférieure par des intervalles de 20 à 40 mètres, et contiennent un remplissage symétrique de quartz, mica lépidolite, fluorine, cassitérite, wolfram, stannine, galène, chalcosine, cuivre gris, blende, schéelite, chalcolithé, apatite, topaze, etc., qui se présentent, dans les géodes, en cristallisations splendides. Les filons ne sont pas nettement séparés de la roche encaissante; ils se confondent au contraire avec elle, à tel point que « leurs parties extérieures ne forment, à proprement parler, qu'une continuation plus nettement cristallisée de cette roche. »

Outre ces filons couchés, l'amas est encore traversé par des filons presque verticaux de très faible puissance, dont la direction est généralement nord-est sud-ouest, et dont le remplissage est formé surtout de granite ou d'hyalomicté décomposé, sableux, plus rarement de quartz, mica, fluorine, cassitérite, wolfram, etc. Les filons droits rejettent de un ou plusieurs mètres les filons couchés; la roche, dans leur voisinage, est fortement imprégnée de cassitérite et de wolfram. — H. Müller fait remarquer qu'ils paraissent s'être réouverts plusieurs fois et que les rejets des filons plats peuvent avoir été produits par une réouverture postérieure au remplissage des filons droits : ceux-ci n'ont dès lors pas nécessairement été minéralisés à une époque plus récente que les premiers.

On connaît, à Johanngeorgenstadt et à Eibenstock, dans l'Erzgebirg saxon, des filons de cassitérite dans le granite

semblables à ceux que nous venons de décrire. A Graupen, en Bohême, le porphyre granitoïde contient, au Mückenthürmchen, une roche analogue au zwitter. On trouve à Schlaggenwald, en Bohême, plusieurs amas de granite dit stannifère.

Le Cornwall, la Bretagne, les Indes orientales et l'Australie sont également célèbres par leurs granites et leurs porphyres stannifères. Nous aurons à revenir plus loin (n° 96) sur la plupart de ces localités. Indiquons seulement ici que les gîtes d'étain découverts vers 1870 en Australie, dans la grande Cordillère de Victoria, dans la Nouvelle-Galles du Sud et dans le Queensland (1), paraissent être les plus riches de la terre. Les minerais d'étain s'y trouvent soit en filons soit en zones d'imprégnation dans le granite. Au mont Bischoff, c'est un amas de porphyre quartzifère qui contient, près de son contact avec des schistes azoïques, des minerais d'étain en imprégnations ou en nodules de sécrétion.

95. *b.* Filons dans les roches sédimentaires. — Nous venons de donner un grand nombre d'exemples de filons métallifères qui passent des roches éruptives cristallines dans les roches sédimentaires voisines et s'y stérilisent immédiatement ou à peu de distance de la surface de séparation. (Filons de minerais de fer du Hartz et de la Saxe, Vöröspatak, Potosi, Altenberg, etc.) Dans ces exemples, le siège principal des minerais se trouvait dans les roches éruptives. Nous ne considérerons plus maintenant que les filons métallifères dont les parties riches les plus importantes se trouvent dans des roches sédimentaires. Lorsque des filons se trouvent au voisinage de roches éruptives, on

(1) G. H. F. Ullrich, *Quart. Journal of the geol. Society*, t. February, 1873. — G. Wolf, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1873, p. 2. — G. H. F. Ullrich, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1877, p. 494.

est fondé à voir dans ces dernières les véhicules du minéral. Mais on ne peut toujours établir une relation de ce genre entre les roches éruptives et les filons métallifères ; beaucoup de ceux-ci ont des allures toutes différentes de celles des roches éruptives voisines, ou en sont si éloignés que l'on ne peut songer à voir dans les unes la cause de la venue au jour des autres.

96. Type Schlaggenwald. — *Caractères : filons stannifères traversant des schistes cristallins, mais d'ailleurs semblables sur les points essentiels aux filons du type Altenberg.*

La parenté étroite des gîtes du type Schlaggenwald avec ceux du type Altenberg nous oblige à décrire encore, dans ce qui va suivre, quelques gîtes qui, à proprement parler, rentreraient plutôt dans le type précédent (n° 94).

A Schlaggenwald (1), en Bohême, il y a lieu de distinguer du granite ordinaire, à gros grain, facilement altérable et pauvre en éléments accessoires, le granite stannifère à grain très fin, composé principalement de quartz et contenant accessoirement de la tourmaline, de la cassitérite, de la fluorine, de la pyrite de fer et de la pyrite de cuivre. Le granite stannifère forme plusieurs stockwerks parmi lesquels trois ont une importance industrielle particulière ; ils sont alignés dans la direction du sud-ouest, entourés au jour par du gneiss et séparés les uns des autres ; mais ils se relient probablement les uns aux autres en profondeur. Le principal est l'amas *Hubertus*, dont le périmètre, à 120 mètres de profondeur, est de 600 mètres. La masse principale est du granite stannifère, avec mouches d'hyalomictite très riches en minéral ; ces mouches, lorsque

(1) *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenwesen im preuss. Staat*, 1862, t. X, p. 164. — Anton Rücker, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1864, t. XIV, p. 311.

le mica y disparaît, passent à un véritable quartzite avec cassitérite, wolfram et fluorine; la cassitérite se trouve dans le granite stannifère en inclusions pulvérulentes, en veinules, nids et mouches, sous forme de masses compactes ou en cristaux bien définis. Le granite stannifère est en outre traversé par un grand nombre de filons de quartz stériles. Les deux autres amas, appelés le *Schnödenstock* et le *Klingenstock*, ont une structure semblable à celle de l'amas Hubertus.

Or le gneiss voisin des amas stannifères est traversé par beaucoup de filons métallifères riches, ayant de 5 à 12 centimètres, rarement jusqu'à 35 centimètres de puissance, plongeant sous des angles de 10 à 55°, et contenant les mêmes minéraux que les amas. Tantôt ce sont des filons d'hyalomictes nettement distincts du gneiss, tantôt des filons de quartz, contenant de la cassitérite en géodes ou en nids sur les salbandes. Ces filons se distinguent par l'abondance des minéraux bien cristallisés qu'ils produisent.

A Graupen (1), sur le versant sud ou bohémien de l'Erzgebirge saxon, près de Teplitz, le gneiss gris est traversé par des porphyres contenant de la cassitérite, mais généralement pauvres. L'étain se trouve surtout dans des filons qui traversent le gneiss dans toutes les directions au voisinage des roches éruptives. Ces filons, très nombreux, peuvent se diviser en trois groupes :

1° *Filons principaux*, de 0^m,05 à 0^m,12 de puissance moyenne, de 15 à 35° d'inclinaison; remplissage de cassitérite avec quartz, fluorine, oligiste et très peu de pyrites. La roche du mur est imprégnée de minerai sur 5 à 7 centimètres, celle du toit est stérile;

2° *Filons secondaires*, de 0^m,01 à 0^m,025 de puissance,

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1864, p. 117. — Laube, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1864, p. 159.

de 29 à 44° d'inclinaison, avec remplissage uniforme de quartz, kaolin et cassitérite. Le mur est également minéralisé sur 7 centimètres ;

3° *Filons droits*, de 0^m,025 à 0^m,07 de puissance, de 69 à 79° d'inclinaison, remplis par une brèche quartzreuse, avec ciment siliceux et kaolinique, contenant de la cassitérite et fréquemment des mouches isolées de pyrites. Les satellites ordinaires de la cassitérite sont le mispickel, le braunspath, la nacrite, la muscovite, l'hématite rouge, la pyrite de fer, la chalcoppyrite, le bismuth natif ; la calcite, l'apatite, le wolfram et la galène sont très rares.

Des filons stannifères sont associés à des filons de minerais d'argent dans le gneiss d'Ehrenfriedersdorf et de Marienberg, dans l'Erzgebirg saxon. Au Sauberg, près d'Ehrenfriedersdorf, ce sont des filons stannifères typiques, semblables à ceux de Schlaggenwald et de Graupen, qui traversent le gneiss au voisinage des éruptions granitiques. Les filons sont peu puissants et souvent si rapprochés qu'ils forment des systèmes que l'on est obligé d'exploiter simultanément. A Marienberg, c'est surtout sous forme d'imprégnations dans la roche encaissante que se présente le minerai d'étain. Les filons eux-mêmes ont un remplissage de quartz et d'argile avec cassitérite. Charpentier a donné une description très intéressante du filon de 0^m,30 à 0^m,60 de puissance de la mine *Einhorn*, au Martersberg ; le remplissage consiste en barytine, fluorine, minerais de bismuth et d'argent ; la roche encaissante est imprégnée de minerai d'étain, bien que la cassitérite fasse défaut dans le filon lui-même. Il semble dès lors qu'une imprégnation stannifère, partie des fentes de la roche, ait précédé la formation du filon argentifère. Le district de Marienberg est traversé par des filons dits filons de wacke, c'est-à-dire de roches éruptives décomposées, à l'éruption desquels on peut rattacher la formation des filons de ce district.

Les filons de Schmiedeberg, Niederpöbel, Naundorf et

Sadisdorf (1), dans l'Erzgebirg saxon, ressemblent aux filons du Cornwall dont nous parlerons plus tard (n° 102), en ce qu'à côté de la cassitérite ils contiennent beaucoup de minerais de cuivre et que ceux-ci deviennent prédominants dans quelques-uns d'entre eux. Les filons traversent un gneiss rouge à travers lequel ont fait éruption des diorites et des porphyres felsitiques; ils ont de 0^m,05 à 0^m,37, rarement de 2 à 6 mètres de puissance et contiennent du quartz cristallin ou amorphe, de la fluorine bleue, de la chlorite et du mica. La cassitérite est contenue dans le quartz; elle est accompagnée de pyrite de cuivre, de mispickel, de pyrite de fer, de galène et de blende.

On connaît, en Espagne et en Bretagne, des filons stannifères absolument analogues à ceux de Bohême.

97. **Type Rio Albano.** — *Caractères : filons de magnétite et de fer oligiste dans des schistes cristallins et des terrains sédimentaires métamorphiques.*

A Rio Albano et à Terra Nera (2), des filons d'oligiste avec nombreuses ramifications traversent des talcschistes qui contiennent parfois aussi des rognons et des nids d'oligiste de plus d'un mètre, sans relation apparente avec les filons. Les remplissages contiennent beaucoup de fragments de la roche encaissante et, ce qui est particulièrement remarquable, ils s'épanchent vers le haut sous forme d'amas de 10 à 33 mètres de puissance, recouvrant la surface des montagnes. Le gisement rappelle les filons de roches éruptives en relation avec des nappes d'épanchement et, en fait, plusieurs savants, comme Hoffmann, ont attribué au fer oligiste une origine éruptive. Mais une hypothèse pareille ne se concilie pas avec nos connaissances

(1) H. Müller, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1867, p. 616 (Compte-rendu.)

(2) G. v. Rath, *Verhandl. d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf.* 1864, 21^e année, p. 92. — G. v. Rath, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1870, t. XXII, p. 708.

chimiques et il est vraisemblable qu'il s'agit ici plutôt de filons de fer spathique qui auront été transformés plus tard en filons de fer oligiste.

Un filon de magnétite très ramifié, qui traverse, au cap Calamita, un calcaire grenu, présente à son affleurement une masse en forme de dôme. La magnétite, si répandue dans les schistes cristallins sous la forme d'amas stratifiés, est d'ailleurs relativement très rare en filons. Elle forme le minerai principal du gîte très irrégulier, analogue à un amas réticulé, de Traverselle (1), en Piémont. La roche encaissante est du micaschiste, de l'éclogite et de la syénite. La présence de l'éclogite au voisinage de la syénite éveille l'idée qu'ici aussi des actions métamorphiques ont pu être en jeu et donner naissance au gîte de magnétite.

Le gîte, très ramifié, a une direction générale du sud-est au nord-ouest; il est connu sur 360 mètres de longueur et sur 150 mètres de profondeur, avec une inclinaison de 50 à 60 degrés. Les ramifications sont appelées filons et atteignent 30 mètres de puissance. On y a trouvé des zones de minéraux parallèles aux salbandes et beaucoup de géodes avec de beaux cristaux, indiquant clairement que ces filons sont bien des cavités remplies.

Les minéraux les plus fréquents à côté de la magnétite sont la chalcoppyrite et la pyrite de fer; l'oligiste, la galène, la blende, la pyrite magnétique, le mispickel sont moins abondants; la stibine et la molybdénite sont rares. Les gangues sont la calcite, la dolomie, la mésitine, le quartz, la chlorite, le grenat, le pyroxène, l'amphibole, la traversellite, la fluorine et la scheelite. Certaines zones de calcite contiennent des lentilles de chalcoppyrite presque sans traces de magnétite et ont produit plusieurs milliers de tonnes de minerai.

(1) G. Barci, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 101.

98. Type Bergzabern. — *Caractères : hématite brune ou rouge, rarement très pure, ordinairement mélangée de quartz et de calcite, parfois de barytine, en filons traversant les roches sédimentaires de toutes les formations ou en intercalations filoniennes entre les plans de stratification. Nous y rattachons les gîtes analogues de minerai de manganèse.*

Les filons de minerai de fer du type Zorge (n° 84) passent le plus souvent, nous l'avons dit, des roches éruptives dans les terrains sédimentaires, où leur minéralisation cesse d'être continue. Mais on trouve aussi dans les roches stratifiées des formations les plus diverses, tant au voisinage de roches éruptives qu'à une grande distance, des filons productifs d'hématite brune ou rouge, dont les remplissages sont généralement des produits du lessivage de la roche encaissante. Ce mode de production se montre de la manière la plus claire et la plus évidente dans un gîte de la Caroline du Sud, décrit par H. Credner. Ce géologue a observé à la mine d'or de Haile (1) (voir p. 166), dans une exploitation à ciel ouvert établie sur un schiste quartzeux aurifère, un filon de diorite traversant le quartzite, ayant 1^m,25 environ de puissance et une structure orbiculaire. Ce filon est accompagné de deux filons d'hématite brune de 1^m,10 de puissance qui en forment en quelque sorte les salbandes (*fig.* 73). L'hématite brune est tantôt compacte, tantôt fibreuse. D'après Credner, c'est la diminution de volume de la diorite, au moment de son passage de l'état liquide à l'état solide, qui a produit les fentes actuellement occupées par le minerai de fer et celui-ci provient du schiste quartzeux très fortement mélangé de pyrite : le schiste a perdu en effet la pyrite au voisinage immédiat du filon et a pris un aspect poreux et spongieux.

(1) H. Credner, *Zeitschr. f. d. gesamt. Naturwissensch.* 1870., t. XXXV, p. 20.

Dans cet exemple, la roche éruptive n'a agi que pour la formation du filon, non pour son remplissage.

C'est aussi à un lessivage de la roche encaissante, favorisé sans doute par l'action du granite voisin, que doivent leur origine les beaux filons d'hématite rouge qui traver-

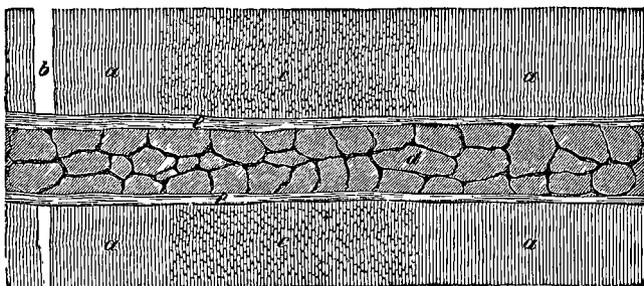


Fig. 73. — Filons d'hématite de la mine d'or de Haile, Caroline du Sud, d'après H. Credner.

a, quartzite schisteux; b, quartz; c, quartzite schisteux avec pyrite aurifère; d, filon de diorite; e, filons d'hématite.

sent, près d'Andreasberg, dans le Harz (1), les grauwackes et les phyllades du terrain silurien.

Le grès bigarré des Vosges, de la Haardt et de la Forêt-Noire contient beaucoup de filons d'hématite brune qui ont été produits d'une manière tout à fait analogue. On connaît, dans les Vosges, des systèmes de filons de 12 kilomètres de longueur au voisinage du granite ou d'autres roches éruptives.

A Bergzabern (2), dans la Haardt, un filon considérable traverse à peu près normalement les grès bigarrés; sa puissance varie de 1 à 22 mètres et son remplissage consiste souvent en majeure partie en une brèche grossière de fragments de la roche encaissante cimentés par de la limo-

(1) H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1865, t. XVII, p. 208 et 228.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 170 et 397.

nite sableuse. D'autres filons semblables d'hématite brune, contenant beaucoup de barytine, traversent le grès bigarré de Pforzheim (1) et de Neuenbourg (2), dans la Forêt-Noire.

Les grès jurassiques de Lübbecke (3), à 5 lieues à l'ouest de Minden, sont si ferrugineux que le fer oxydé hydraté en constitue souvent le seul ciment. Mais la teneur en fer s'y concentre aussi en veines homogènes isolées qui traversent le grès en y formant comme un réseau et le rendent parfois exploitable.

Nöggerath a décrit des veines analogues dans le phyllade du Hundsrück (4). La limonite s'y est déposée, non seulement dans les cassures transversales, mais aussi dans les joints de stratification. Elle pénètre le schiste au point de lui donner l'aspect d'une limonite impure, souvent encore schisteuse. Partout où se sont trouvées des cavités, se sont déposées des stalactites d'hématite fibreuse. Des filons de quartz qui paraissent antérieurs au dépôt du minerai de fer traversent le phyllade ; la limonite y a pénétré ; elle remplit d'innombrables fentes dans le quartz et s'est accumulée surtout le long des salbandes.

On rencontre dans beaucoup de roches sédimentaires des filons-couches d'hématite brune. Ihne a décrit ceux des grès dévoniens inférieurs de Westphalie, des bords du Rhin et du Nassau (5). Les masses de minerai de fer, dont la puissance varie depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre et plus, ne sont continues que sur 20 à 30 mètres en direction et en inclinaison ; elles ont des formes irrégulières et se terminent en coin dans tous les sens. On les désigne habituellement comme formant des nids, des poches

(1) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 178.

(2) M. Bauer, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1870, p. 163 (Verhandl).

(3) Castendyck, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1853, p. 326.

(4) Nöggerath, *Karten's Archiv.*, 1842, p. 491.

(5) Ihne, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 215 et 226.

et, à tort, des amas stratifiés. Leur nature filonienne est mise en évidence par ce fait qu'elles sont accompagnées de véritables filons et de veines d'hématite brune. On cite comme gîtes particulièrement riches de ce genre ceux de la mine *Gustave Adolphe*, près de Dürscheidt, aux environs de Gladbach, et ceux situés entre Altenkirchen et Siegburg, aux environs de Kircheip et d'Uckerath.

Les minerais de manganèse qui accompagnent ordinairement les hématites brunes les remplacent parfois complètement. De même que des minerais de fer ont pénétré entre les strates du grès dévonien inférieur des bords du Rhin, on trouve des minerais de manganèse au même niveau, dans le grès à spirifères du Hartz, au Rammelsberg et au Gingelsberg. Ils sont aussi très fréquents dans les schistes siliceux, par exemple dans ceux du Hartz, à Altenau, Lerbach, Elbingerode, etc. B. Walter leur compare un gîte étendu de minerai de manganèse qui se rencontre dans l'étage moyen des schistes cristallins de Jacobeni (1), dans la Bukowine. Cet étage est formé de micaschistes; c'est à sa partie supérieure que se trouve un banc de minerai de manganèse subordonné à une assise de schiste siliceux.

Si, ce qui est fort possible, le minerai primitif était un silicate de manganèse contemporain du schiste siliceux et qui se serait plus tard transformé en hausmannite, braunite et, pyrolusite, ces gîtes appartiendraient à la catégorie des amas stratifiés et pourraient être réunis en un type particulier. La question reste jusqu'à nouvel ordre non résolue.

99. **Type Stahlberg.** — *Caractères: filon de carbonate de fer spathique pur ou mélangé de quartz ou de calcite,*

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 262. — B. Walter, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1876, p. 372 et 414.

traversant des roches stratifiées. On y trouve souvent comme éléments subordonnés des minerais sulfurés, comme la pyrite de fer ou de cuivre, la galène, etc. et des minerais de cobalt et de nickel, établissant une parenté avec le type des amas stratifiés de fer spathique (n° 73) et un passage au type suivant (n° 100), lorsque ces éléments accessoires deviennent abondants. Beaucoup de gîtes de ce type sont décrits comme filons-couches et, pour quelques-uns, on est fondé à se demander si ce ne sont pas des amas stratifiés. La formation paraît limitée aux dépôts paléozoïques.

Un fait difficile à expliquer est celui de l'absence de filons caractérisés de carbonate de fer spathique dans les roches éruptives et dans les schistes cristallins (1).

On trouve d'excellents exemples de filons de ce type dans les schistes dévoniens des bords du Rhin, par exemple à Horhausen (2), petit village du cercle d'Altenkirchen, dans le district de Coblenz. Le filon, qui a de 4 à 6 mètres, rarement 10 mètres de puissance et est exploitable sur 400 mètres de longueur, est un filon de

(1) Nous pouvons citer cependant à Allevard et à Vizille, dans le département de l'Isère, un district minier très important où des filons de carbonate de fer spathique extrêmement nets, avec gangue de quartz et, en quelques points, de dolomie ferrugineuse, traversent les schistes cristallins (micaschistes et talcschistes); quelques-uns pénètrent ensuite, près de la surface, dans le terrain houiller et dans les grès triasiques. Leur puissance atteint parfois jusqu'à 10 mètres; leur allure est très régulière, bien qu'ils soient coupés par des failles nombreuses accompagnées de rejets parfois importants. La sidérose y est tantôt largement cristallisée, tantôt seulement cristalline et quelquefois presque compacte. Elle est accompagnée en quelques points d'un peu de pyrite de cuivre ou de blende, qui semble avoir été amenée par des failles; aux affleurements elle est souvent transformée en hématite, parfois en fer oligiste. — On exploite en Savoie, à Saint-Georges d'Hurtières, des filons analogues aux précédents. La production annuelle de Saint-Georges et d'Allevard dépasse 100.000 tonnes de minerai, ce qui suffit à montrer l'importance des gîtes dont nous parlons. (*Note du trad.*)

(2) Hilt, *Zeitschrift f. Berg. Hütten u. Salinenwesen im preuss. Staat*, t. XIII, 1865, p. 13.

rature rejetant nettement la roche encaissante. Le mur, séparé du gîte par une salbande nette, est de la grauwacke; le toit, formé d'un phyllade, est traversé par des veines qui ne permettent pas d'indiquer une limite précise entre le filon et la roche encaissante. Celle-ci, aux deux épontes, est décolorée sur une épaisseur de 20 à 32 mètres et transformée en schiste blanc et en argile blanche tenace. Du côté du mur, la roche ainsi altérée est assez nettement séparée de la roche normale, tandis qu'on observe au toit un passage graduel de l'une à l'autre.

Le remplissage primitif, qui se montre dans la profondeur, est un mélange massif de sidérose et de quartz avec veinules de pyrite de fer, de chalcopyrite, de bournonite, de cuivre gris, de blende, de stibine, de smaltine et de chloantite. Près de la surface, la sidérose, toujours manganesifère, est transformée en limonite; le quartz resté en place forme un squelette sur lequel s'est déposée l'hématite brune fibreuse. En même temps se sont développées des géodes dans lesquelles se trouvent beaucoup de fragments détachés de ce quartz et, comme minéraux secondaires, de la goëthite, de l'onégite, de l'oligiste, de la pyrolusite, de l'acérodèse, de la psilomélane, du wad, de la malachite, de l'anglésite, de la beudantite, de l'érythrine, de l'annabergite.

Un point très intéressant est la présence, dans la partie sud du champ d'exploitation, d'un filon de basalte qui se traîne le long du filon de minerai de fer et le traverse plusieurs fois. Au contact, la sidérose est transformée en magnétite et la limonite en un minerai compacte d'aspect analogue au jaspe, à rayure rouge; mais cette transformation cesse à quelques centimètres du contact.

On exploite au Stahlberg (1), près de Müsen, un filon

(1) A. Nöggerath, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinewesen im preuss. Staat*, 1863, t. XI, p. 63.

composé de veines nombreuses qui traverse les couches du dévonien inférieur, formées principalement de phyllades, et qui a 16, 24 et même 30 mètres de puissance avec une forte inclinaison. Le gîte conserve la puissance de 30 mètres sur 60 mètres de longueur. Il est limité d'un côté par ce qu'on appelle le *stuff*, c'est-à-dire par un système de failles argileuses presque parallèles à la stratification de la roche, contre lequel il finit brusquement sans qu'on soit parvenu à trouver s'il avait éprouvé un rejet; de l'autre, il se divise

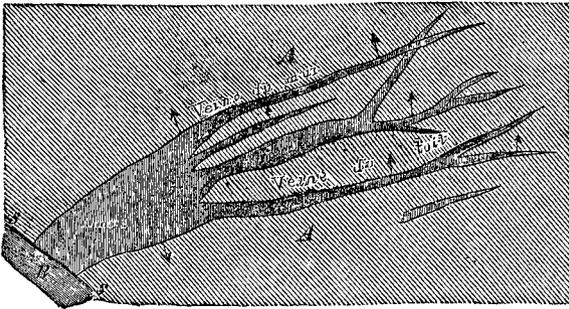


Fig. 74. — Gîte du Stahlberg, près de Müsen, d'après Ad. Nöggerath.
A, phyllade; B, grauwacke; ss. stuff.

en trois ramifications de 2 à 6 mètres de puissance, reliées par un grand nombre de petites veinules (*fig. 74*). Les ramifications, avec les prismes de roches qu'elles séparent, ont une puissance de 60 mètres; elles sont exploitables sur 120 mètres et se perdent ensuite sous forme de veines quartzieuses ou d'enduits stériles. Le remplissage consiste en sidérose homogène, manganésifère, de couleur jaune claire et de texture massive. Près des fentes, le minéral prend une couleur foncée, mais il n'a, en général, qu'une faible tendance à se transformer en hématite brune. On y observe, en géodes, des rhomboèdres courbes de sidérose, dont la dimension atteint 4 centimètres, accompagnés de cristaux de quartz. On trouve dans la sidérose

des nids de pyrite, de chalcopyrite, de cuivre gris et de galène; on a même exploité dans la ramification du toit une veine de cuivre gris au milieu du minerai de fer.

Un grand nombre de gîtes qui minéralogiquement ressemblent au précédent sont assez difficiles à classer avec précision; on peut se demander si ce sont des filons-couches ou des amas stratifiés : tels sont par exemple divers gîtes de fer spathique dans le grand système d'amas stratifiés, de 300 kilomètres de longueur, qui traverse le terrain silurien des Alpes orientales (v. p. 172). A.-R. Schmidt (1) décrit quelques-uns de ces gîtes, des environs de Schwatz, comme des filons caractérisés.

D'après G. v. Rath, le phyllade et le micascite de la Bindt-Alp (2), à 8 kilomètres au sud d'Iglo, dans les schistes de Gömör-Zipse en Hongrie, renferment des filons-couches formés de sidérose et contenant parfois de la chalcopyrite et du cuivre gris. Il voit une preuve de leur nature filonienne dans le fait que le minerai saute quelquefois d'un système de couches à un autre et dans les rencontres de deux filons que l'on croit avoir observées. B. v. Cotta considère aussi comme filons-couches les lentilles intercalées à Tergove (3), dans les Confins militaires de Croatie, au milieu de phyllades foncés, contenant des restes de plantes et appartenant à la formation carbonifère; ces lentilles sont composées de sidérose, d'un peu de quartz et parfois de calcite ou d'ankérite et contiennent, sur certains points, de la chalcopyrite, de la galène argentifère et de la pyrite de fer. Entre beaucoup d'autres arguments moins solides, il donne comme preuve de leur nature filonienne le fait que quelques-unes de ces lentilles ont une structure symétrique, zonée et coupent obliquement les roches voisines.

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 69 et 97.

(2) G. v. Rath *Geol. Reise. nach Ungarn*, 1877, p. 9, 11 et 13.

(3) B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 29.

100. Type Mitterberg. — *Caractères : filons et filons-couches (amas stratifiés ?) avec sidérose, calcite, dolomie ferrugineuse et siliceuse, quartz, barytine et gypse, en proportions très variables, minerais de cuivre sulfurés, particulièrement chalcopyrîte et cuivre gris, plus rarement pyrite de fer, blende et cinabre.*

C'est surtout dans les schistes cristallins et dans les formations paléozoïques que se rencontrent des gîtes de cette classe; le passage des gîtes de fer spathique du type précédent à ceux de cuivre dont nous allons nous occuper, s'observe nettement dans les filons du pays de Sieger et dans ceux de Schwatz, de la Bindt-Alp et de Tergove (n° 99). Le Tyrol et la Hongrie sont particulièrement riches en filons-couches du type Mitterberg.

Près de Kitzbüchl, en Tyrol, près de Kupferplatten, Kelchalp, Rörobüchl et en d'autres points, ils sont compris dans des phyllades et des gräuwackes siluriens. F.-M. Stapff (1) décrit ces gîtes comme des filons-couches, parce qu'ils lui paraissent en relation avec des ramifications filoniennes coupant transversalement la stratification. A.-R. Schmidt (2), au contraire, y voit des amas stratifiés.

On connaît à Kupferplatten huit filons-couches parallèles, superposés, de 1^m,50 à 2 mètres, rarement de 4 à 12 mètres de puissance, composés de dolomie ferrugineuse et siliceuse mélangée de quartz et d'un schiste argileux noir brillant. Le quartz se trouve en lentilles dans le schiste et inversement des lentilles de schiste sont intercalées dans le quartz. Ces remplissages contiennent de la chalcopyrîte, plus rarement de la pyrite de fer, sous forme de lentilles ou en sécrétions grenues. La roche encaissante, au voisinage des parties riches, est un schiste dur, clair, appelé *lagerschiefer* ou *falgenschiefer*. A mesure que le minerai

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 18 et 29.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 401, et 1870, p. 174.

devient moins riche, le schiste encaissant devient plus tendre et passe au *schiste sauvage* foncé, fissuré, irrégulièrement schisteux, qui accompagne les minerais pauvres. D'après F.-M. Stapff, les schistes encaissant le gîte forment une grande lentille de 900 mètres de longueur, sur 280 à 300 mètres de largeur, intercalée dans le phyllade silurien.

On exploite à Kelchalp des gîtes analogues, mais dans lesquels domine la dolomie ferrugineuse et siliceuse avec veines, petits filons et nids de chalcopryrite contenant des traces de pyrite de fer et de blende, tandis que le quartz y est subordonné; il en est de même à Röröbüchl où les lentilles sont formées de quartz, barytine, gypse, cuivre gris et chalcopryrite.

A Mitterberg (1), à 8 kilomètres à l'ouest de Bischofshofen, aux environs de Werfen, on exploite un filon-couche dans le phyllade silurien. L'affleurement en est jalonné sur près de 8 kilomètres par des excavations superficielles et semble en divers points se diviser en deux ou trois ramifications. L'exploitation actuelle a une longueur de 1.200 mètres et porte sur le filon principal et sur une veine du mur. La puissance moyenne du filon est de 2 à 3 mètres; le remplissage principal est la roche appelée *lagerschiefer*, avec inclusions de quartz, sidérose, dolomie ferrugineuse et siliceuse, chalcopryrite et pyrite de fer. Le *lagerschiefer*, analogue à celui de Kupferplatten et des gîtes de la même famille, ne se rencontre qu'au voisinage des parties minéralisées du filon; il a une couleur grise jaunâtre claire, est très dur et paraît être un schiste silurien métamorphique. Il accompagne des deux côtés le filon, avec une épaisseur de 4 à 30 mètres, et passe graduellement au schiste normal. Sa puissance est maxima près de la surface et diminue en profondeur. Le phyllade silurien normal est appelé

(1) F. M. Stapff, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 6.

schiste bleu. On donne le nom de *schistes sauvages* à toutes les variétés de schiste au voisinage desquelles le gîte est peu puissant, peu continu ou pauvre, par exemple aux schistes bleus plus ou moins altérés mais non métamorphisés, lorsqu'ils forment l'encaissement ou le remplissage du filon.

Les minéraux précédemment indiqués sont distribués sans loi dans le *lagerschiefer* ; la pyrite imprègne le schiste, mais elle se concentre aussi en masses homogènes dans les parties où le quartz devient prédominant et forme au milieu du schiste des amas lenticulaires. Tantôt les gangues et les minerais sont mélangés sans aucun ordre, tantôt la chalcoppyrite et la sidérose forment au milieu du quartz des masses lenticulaires présentant cette particularité singulière que le grand axe des lentilles, au lieu d'être parallèle aux salbandes, fait parfois avec elles un angle aigu. Le quartz et la chalcoppyrite se trouvent exceptionnellement en zones concentriques alternantes : la même disposition ne se rencontre jamais pour la chalcoppyrite et la sidérose. Le gîte contient quelquefois, mais rarement, un peu de tenantite et de cinabre. Le traitement métallurgique des minerais montre qu'ils renferment des traces de nickel.

Des gîtes très irréguliers se trouvent à Herregrund (1), près de Neusohl (Hongrie), au voisinage du granite, dans le gneiss, le micaschite et la *grauwacke* schisteuse, particulièrement dans cette dernière. La nature minéralogique du remplissage est aussi irrégulière que l'allure des gîtes ; un filon net, traversant obliquement les *grauwackes* schisteuses, le *Pfeifergang*, contient surtout de la sidérose avec imprégnations et veinules de cuivre gris, tandis qu'ailleurs les *grauwackes* schisteuses renferment des lentilles de gypse, dans l'intérieur ou au contact desquelles on trouve du cuivre gris, de la chalcoppyrite et de la pyrite de fer :

(1) v. Cotta. *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1861, p. 58.

mais ces minerais se rencontrent aussi dans le schiste sans être accompagnés de gypse. Vers le sud, dans la région de Neufeld, le cuivre gris et la chalcopryrite, mélangés avec du quartz, forment des lentilles dans le gneiss.

Les descriptions données par G. Faller des gîtes de Kotterbach, Szlovinka et Göllnitz (1), dans les schistes de Gömör-Zipse, en Hongrie, montrent clairement que ce sont des filons-couches et, pour quelques-uns, de véritables filons transversaux. Ils traversent un schiste vert talqueux au voisinage du gabbro et leur nature filonienne est mise en évidence par l'existence de rencontres et de croisements. On exploite à Kotterbach deux filons, le filon *Grobe* et le filon *Drozdziakow*, qui contiennent, dans du fer carbonaté spathique à gros grains, du quartz et de la barytine blanche, de l'hermésite, de la chalcopryrite, du cinabre et du mercure natif. Les minerais forment des lentilles dans le remplissage, qui comprend aussi beaucoup de fragments de la roche encaissante. La texture est essentiellement massive, rarement géodique. Les intercalations de fragments des épontes dans le filon en élèvent la puissance jusqu'à 40 et 48 mètres.

A Szlovinka, deux filons qui se croisent, le filon *Grobe* et le filon *Kahlehöh*, ont une importance particulière et sont accompagnés de quelques autres filons secondaires. Le filon *Grobe* court, avec beaucoup de ramifications, parallèlement à la stratification et contient des lentilles de chalcopryrite dans la sidérose, avec un peu de quartz et de calcite, rarement de cuivre gris argentifère, de chalcosine et de cinabre. Le filon *Kahlehöh*, au contraire, est essentiellement quartzeux et contient peu de fer spathique; on y trouve des lentilles de chalcopryrite. Près de la surface, le quartz contient de l'or natif. Ces filons aussi ont une structure

(1) G. Faller, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.* 1867, t. XVII, p. 132.

massive et ne présentent que rarement des traces de disposition symétrique et zonée des remplissages.

D'après leur nature minéralogique, c'est au même type qu'appartiennent les filons de cuivre du Vénézuéla (1), de l'Alp (2), dans la vallée de la Romanche (Dauphiné), qui traversent le gneiss, beaucoup de filons-couches qui, près de Sierre (3), dans le Valais, contiennent du cuivre gris et de la chalcopryrite dans des schistes verts (v. p. 141), les filons de Baigorry (4), près de Saint-Etienne en Navarre, qui sont compris dans les phyllades siliceux au voisinage du granite, des filons traversant également les phyllades à Elvas (5), dans l'Alemtejo oriental (Portugal), etc. On peut y réunir aussi les filons des phyllades siluriens de Steinfeld, près de Braunlage (6), dans le Hartz, et divers autres.

Les filons de la Mürtschenalp (7), canton de Glaris, étant remplis de minerais de cuivre associés à des carbonates spathiques, appartiennent au même type. Ils traversent les couches du *Sernf*, qui font peut-être partie du grès rouge ; les uns sont dirigés h. 6, les autres, h. 12. Les filons dirigés h. 6, plongeant de 35 à 50° vers le sud, sont les plus importants et, parmi eux, un filon surtout a été exploité à cause de sa richesse et peut servir de type pour les autres. Il n'a pas de salbandes et son remplissage se rattache étroitement à la roche encaissante par de nombreuses ramifications latérales. Ces ramifications abondent surtout lorsque la roche des épontes est tendre, tandis que, dans la roche dure, le filon prend davantage l'allure d'une fente

(1) Klemm, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1859, p. 281 et 289.

(2) M. Graff, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 346.

(3) A. Ossent, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 245.

(4) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 439.

(5) M. Braun, *Neues Jahrb. für Mineral.*, 1876, p. 538.

(6) Buchrucker, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 73.

(7) G. Tröger, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1860, p. 308. — E. Stöhr, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1865, p. 351 (Compte-rendu.)

simple. La puissance varie en même temps entre de larges limites, de 0^m,30 à 4 mètres. Le remplissage est formé tantôt de ce qu'on appelle la *roche grise*, tantôt d'une dolomie cristalline, rougeâtre ou jaunâtre, qui ne se ramifie pas dans la roche grise, mais en est assez nettement séparée. La *roche grise* est un mélange cristallin et grenu ou compacte ou porphyroïde de talc, chlorite, felsite (?), quartz et dolomie ; d'après E. Stöhr, c'est un conglomérat de fragments de ces minéraux. Le minerai dominant est du cuivre panaché qui, mélangé avec de la chalcosine, forme des veines traversant le remplissage, particulièrement la dolomie, souvent en quantité telle que le minerai prend l'aspect d'une brèche dolomitique à ciment de minerai de cuivre. On y trouve, comme éléments subordonnés, la chalcopyrite, la pyrite de fer, le cuivre gris, l'argent natif, la molybdénite, l'oligiste et l'hématite spongieuse ; à l'affleurement se rencontrent naturellement les minéraux secondaires correspondants. Les filons sont toujours plus riches dans la roche fissurée que dans la roche compacte. Un point mérite d'appeler l'attention : les minerais des filons, mélangés à de la dolomie et à du quartz, se retrouvent en amas stratifiés dans le conglomérat du *Sernf* et sous forme d'inclusions dans une zone assez étendue des couches de Vaus (calcaires et quartzites) qui recouvrent ce conglomérat.

101. Type Kleinkogl. — *Caractères : filons qui se rapprochent étroitement de ceux du type précédent et qui n'en diffèrent que par la prédominance de la barytine à côté des minerais de cuivre.*

Le Kleinkogl (1) se trouve sur le versant sud de la vallée de l'Unterinn, à 10 kilomètres au sud-ouest de Brixlegg et à 1 kilomètre au nord-est du confluent du Zillerbach et

(1) F. M. Stapff, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 134.

de l'Inn. Le calcaire qui le constitue est traversé par beaucoup de fentes étoilées, de directions très variées, à côté desquelles il renferme des nids de minerai. La gangue est principalement de la barytine blanche à grandes lamelles; elle est accompagnée de dolomie ferrugineuse et siliceuse, de calcite, d'ankérite et de quartz et traversée par des veines irrégulières d'un cuivre gris antimonieux, contenant du mercure, du cobalt et du nickel.

Le gîte du Kleinkogl est connu comme exemple typique de la disposition des parties riches en colonnes inclinées (v. p. 97). F.-M. Stapff a essayé d'expliquer cette disposition par une influence de la roche encaissante (v. n° 153).

On peut rattacher au même type les filons qui traversent le gneiss du district de Schappach (1), dans la Forêt-Noire badoise, les filons de barytine des schistes verts du Kupferberg, en Silésie (voir p. 271), les filons du terrain silurien de Lauterberg, dans le Hartz et divers autres.

102. Type Tellemarken-Cornwall. — *Caractères : filons dans les roches sédimentaires, contenant principalement du quartz et des minerais de cuivre, chalcopyrite, phillipsite, chalcosine, cuivre gris, etc., en proportions variables, plus rarement de la barytine, des carbonates et silicates, de la cassitérite, de la molybdénite, de la blende, de la magnétite, de l'or natif, etc.*

Les filons de ce type sont en partie des filons transversaux, en partie des filons-couches qui se rencontrent surtout dans les schistes cristallins et dans les formations paléozoïques.

A 15 kilomètres à l'ouest de Kongsberg, en Norvège, commence le district métallifère du Tellemarken (2), qui

(1) Fr. Sandberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1875, p. 382.

(2) Th. Scherer, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1843, p. 834, et 1863, p. 157. — Hertz, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1871, t. XXIII, p. 377.

s'étend sur 120 kilomètres vers l'ouest et le sud-ouest et sur 90 kilomètres vers le nord. Le district est formé de quartzites compactes ou schisteux, de schistes amphiboliques, etc., traversés par des éruptions de granite et par des filons de granite qui sont en réalité de simples ramifications du massif granitique principal. Ils contiennent parfois des minerais de cuivre, dans des conditions de gisement très variées.

Th. Scheerer a décrit les filons de granite de Strömsheien, plateau montagneux de 1.000 mètres environ de hauteur entre Moland, dans le Tellemarken, et Valle, dans le Sædersdalen, Christiansand-Stift, qui, bien que venant au jour dans le gneiss, ont la plus grande analogie avec ceux des schistes du Tellemarken. Ces filons de granite, dont la puissance varie depuis 0^m,05 jusqu'à 8 mètres, sont formés d'un granite très riche en quartz et très pauvre en mica, contenant accessoirement de la magnétite, du grenat, de l'apatite, du béryl, etc.; ils renferment des minerais de cuivre en nids, en sécrétions massives, en ramifications particulières, que Scheerer regarde comme produites, en même temps que le granite, par consolidation d'un magma en fusion ignée (v. p. 168).

Dans les filons de granite du Tellemarken proprement dit, les minerais de cuivre sont mélangés avec du quartz, avec lequel ils ont très probablement, d'après Herter, pénétré dans le granite après sa consolidation. Scheerer cite de ces filons deux exemples caractéristiques. A la mine *Moberg*, un filon presque vertical, de 1 à 4 mètres de puissance, est formé moitié de granite, moitié de quartz avec minerai de cuivre : on y a trouvé aussi du bismuth telluré. Le puissant filon granitique de la mine *Näsmark* est traversé presque normalement par des fentes régulières, parallèles, remplies de quartz, chalcosine et cuivre panaché (*fig. 75*).

Il est à peu près certain que, dans ce cas et dans d'autres

analogues, le quartz et les minerais de cuivre n'ont pénétré que plus tard dans les fentes des filons de granite : l'allure des filons cuivreux est en effet la même dans les schistes quartzeux que dans le granite ; les quartzites contiennent, comme le granite et dans son voisinage, des filons-couches et des filons transversaux très irréguliers, avec quartz gras, chalcosine et cuivre panaché, plus rarement avec molybdénite, chalcopyrite, magnétite, oligiste, or et argent natifs. Les minerais forment avec le quartz un mélange massif ou s'y trouvent en nids. Nulle part on ne découvre la

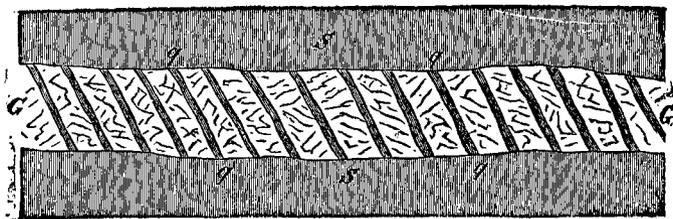


Fig. 75. — Filon de granite cuprifère du Tellemarken, d'après Th. Scheerer. S, micaschiste ; G, filon de granite ; qq, veines de quartz avec minerais de cuivre.

moindre trace d'une disposition des minéraux du remplissage en zones plus ou moins régulières. En profondeur, tous les filons du Tellemarken sont devenus inexploitable.

On ne peut dire avec certitude si les filons de Singbhum (1), à la limite sud-ouest du Bengale, à l'ouest de Calcutta, appartiennent aux filons-couches ou aux amas stratifiés. E. Stöhr les décrit comme des filons-couches. Les gîtes occupent une zone de 450 kilomètres de longueur dans les micaschistes, chloritoschistes et talcschistes de la formation primaire, dont les couches très régulières sont dirigées sur h. 4 à 6 et plongent de 15 à 50° vers le nord ; ils ont la même direction et la même inclinaison que la roche encaissante, mais paraissent passer parfois d'une

(1) E. Stöhr, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1864, p. 129.

couche à une autre et montrer des ramifications que l'on doit considérer comme la preuve de leur nature filonienne. Les éléments principaux du remplissage sont le quartz et la chalcosine, plus rarement la pyrite de cuivre ou la magnétite, très rarement de l'anthracite. Un point intéressant est que le minerai de cuivre du gîte cimente parfois des fragments anguleux de quartz. La distribution des minerais n'est soumise à aucune loi; la puissance est en moyenne de 0^m,50, mais elle s'élève aussi à 1 mètre et plus. Les étranglements sont fréquents.

On éprouve la même incertitude pour classer le gîte de la galerie d'*Alt Väter* et du puits d'*Eschig*, près de Seyda (1), en Saxe; il est intercalé entre les couches redressées du gneiss. Du quartz, souvent mélangé d'hématite rouge, y contient des inclusions de cuivre panaché, de chalcosine, de chalcopyrite, avec leurs produits d'altération bien connus, du cuivre gris, de la chalcophyllite, de la pharmacosidérite, rarement de la fluorine et de la barytine, enfin des traces de galène et de blende noire.

On connaît dans le gneiss de Würbenthal et de Zuckmantel (2), en Haute-Silésie, un filon bien caractérisé de quartz, de 3^m,75 de puissance, accompagné d'une veine de chalcopyrite de 0^m,05 seulement. En outre, la chalcopyrite se trouve en nodules pouvant atteindre la grosseur du poing et en petits filets dans le quartz; elle est ordinairement entourée de limonite cuprifère.

Les filons de la formation dite cuivreuse de l'Erzgebirg saxon, près de Freiberg et de Schneeberg, contiennent surtout du quartz et des sulfures et doivent dès lors être cités ici.

Un petit district très remarquable est celui du Kupferberg (1), en Silésie, dont les filons, en grande partie ca-

(1) J. C. Freiesleben, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1846, p. 143.

(2) F. Rœmer, *Geologie v. Oberschlesien*, 1870, p. 3.

ractérisés par du quartz et des minerais de cuivre, rentrent par suite dans la même catégorie. Entre le granite et la grauwacke de Landshut se trouve une zone étroite de schistes cristallins, gneiss, micaschistes, schistes quartzeux, schistes dioritiques, etc., dont les roches sont traversées par des filons de porphyre. Les filons métallifères se trouvent au voisinage du porphyre, particulièrement dans le schiste dioritique; ils ne pénètrent que faiblement dans les autres schistes cristallins, jamais dans le granite et la grauwacke. Leur puissance moyenne varie de 0^m,05 à 0^m,75 et s'élève rarement jusqu'à 0^m,35 ou 0^m,40. On doit y distinguer trois catégories : 1^o filons cuivreux; 2^o filons plombifères; 3^o filons barytiques. Les filons cuivreux à leur tour se divisent, d'après leurs directions et la nature du remplissage, en quatre groupes.

a. — Le groupe le plus développé est celui des filons h. 5 à 6 $\frac{1}{2}$; ils contiennent du quartz et du jaspe, avec inclusions et nids de chalcosine, cuivre panaché, chalcopyrite et blende. Les géodes renferment, comme minerais plus récents, du cuivre gris et de la chalcopyrite, parfois en cristaux.

b. — Un deuxième groupe comprend quelques filons cuivreux isolés, dirigés h. 10 à 11, dans lesquels le quartz, la chalcopyrite et le mispickel sont la formation la plus ancienne; elle est suivie d'une zone de feldspath blanc ou rose chair et, comme dernière formation, de calcite, fluorine et braunspath.

c. — Un troisième groupe aussi peu développé est celui des filons dirigés h. 12 à 2, ne contenant qu'un peu de minerais de cuivre, de cobalt et de nickel.

d. — Le groupe le plus ancien est celui des filons cuivreux dirigés h. 8 à 9, avec remplissage de quartz, contenant des éléments de la roche encaissante, de la chalc-

(1) Websky, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. V, 1853, p. 373.

pyrite, de la pyrite de fer, de la pyrite arsenicale, du mispickel, de la phillipsite, du cuivre gris, de la chalcocine et toutes sortes de produits de décomposition. Parmi ces filons qui ont la même direction que la roche encaissante, mais un pendage opposé, le filon *Einigkeit* est particulièrement remarquable en ce qu'il contient de l'actinote, de la trémolite ou de l'hédenbergite, de la liévrinite, du quartz vert olive (prasème) et de la magnétite, à côté des minerais précédemment énumérés.

Les filons plombifères, avec quartz, galène et chalcopryrite ne se rencontrent que dans les schistes verts du Bleiberg (v. type Clausthal, n° 411). Les filons barytiques forment, dans ce district, la venue la plus récente. Ils contiennent de la barytine, de la fluorine, du quartz, de la galène et de la chalcopryrite. Le filon *Adler*, qui appartient à ce système, se distingue par l'abondance des beaux cristaux que l'on en extrait : citons la calcite, des zéolithes, des minerais riches d'argent, des minerais de cobalt et de nickel (v. type Schneeberg, n° 106).

Les filons des mines de Burra-Burra (1), dans l'Australie du Sud, célèbres par leur étonnante richesse en minerais de cuivre, appartiennent à des roches sédimentaires anciennes et métamorphiques. Les mines exploitent quatre filons dirigés nord-sud et trois filons dirigés est-ouest, formant entre eux de nombreux croisements. On trouve souvent la serpentine aux salbandes des filons, qui ont de 10 à 14 mètres de puissance. Près de la surface, le remplissage est formé d'oxydes de fer fortement imprégnés de sels de cuivre (chapeau de fer, gossan) ; à mesure que la profondeur augmente, le minerai de fer devient plus compacte et contient des nids de cuprite, puis du quartz, de la malachite, de l'azurite, de l'atacamite et du cuivre natif.

(1) Gurlt, *Verhandl. d. naturh. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf.*, 1875, p. 60.

Plus bas encore, par exemple au filon Allens, le minéral est formé de phillipsite et de chalcopryrite.

Le remplissage primitif n'apparaît qu'en profondeur dans le filon de Rheinbreitenbach, sur le Rhin; il consiste en quartz avec chalcosine, phillipsite et de petites quantités de chalcopryrite, de pyrite de fer, de galène, de blende et de sidérose. Près de la surface se trouvent les minerais oxydés bien connus de tous les minéralogistes, la cuprite, la lunite, etc. Le filon est assez exactement parallèle à la stratification de la roche; il se trouve plusieurs fois en contact avec un filon de basalte fortement altéré au voisinage du filon cuivreux et contenant dans les fentes de minces feuilletés de cuivre natif.

Les roches dévoniennes de la presqu'île de Cornwall (1), qui consistent surtout en phyllades appelés *killas*, sont soulevées par quatre grands et plusieurs petits massifs arrondis de granite. Le tout est à son tour traversé par de nombreux filons de felsiteporphyre, appelés *elvans*, ayant jusqu'à 120 mètres de puissance, dont une partie est minéralisée et contient de la pyrite de fer, de la chalcopryrite et de la cassiterite en inclusions de toutes sortes. Les *elvans* sont en partie de simples ramifications filoniennes, à texture porphyrique, du massif granitique: celui-ci envoie en général beaucoup d'apophyses dans les roches schisteuses. Les couches dévoniennes sont plus ou moins métamorphosées au contact des granites et des *elvans*. Le granite, surtout, a exercé une action métamorphique intense; à son voisinage, les roches sont traversées par des veines et remplies de nodules de quartz, elles contiennent les minéraux si caractéristiques du métamorphisme de contact, le feldspath, le mica, la chlorite, l'actinote, le grenat, l'axinite, la prehnite, etc.

Les filons métallifères du Cornwall, dont la puissance

(1) v. Cotta, *Erzlagertätten*, II, p. 458.

moyenne est de 1 mètre environ, tout en variant depuis quelques millimètres jusqu'à 13 mètres, traversent le granite, les elvans et les killas sous des inclinaisons très variées, généralement fortes, mais se trouvent toujours au voisinage du granite dont ils ne s'éloignent pas de plus de 3 ou 4 kilomètres. L'énonciation de ce fait suffit pour mettre en évidence leurs relations d'origine avec les éruptions granitiques. Les accidents de toute nature, tels que croisements, rencontres, filons se traînant, rejets, déviations, sont très communs; on a cherché à établir, par l'étude de ces phénomènes et du remplissage des filons, leur âge relatif et les lois de la répartition du minerai : on n'est pas arrivé à des résultats simples et d'une application générale.

Les filons contiennent principalement du quartz avec de la cassitérite et des minerais de cuivre, chalcosine, phillipsite, chalcopyrite, cuprite, cuivre natif, accompagnés de silicates, tels que du feldspath, de la chlorite, de la tourmaline, du mica, puis de fluorine, de stannine, de wolfram, de mispickel, de cuivre gris, de blende, de galène et de beaucoup d'autres minéraux, dont quelques-uns très rares, en mélanges variés. En considérant la nature des minerais dominants, on y distingue des filons stannifères et des filons cuivreux, mais la distinction n'est pas absolue, parce que les premiers renferment aussi du minerai de cuivre, les seconds du minerai d'étain. En général, les filons stannifères sont les plus anciens et sont surtout en relation avec le granite; les filons cuivreux sont les plus récents et dominant dans les killas. Mais cette règle subit beaucoup d'exceptions et les considérations d'âge et de nature de la roche encaissante ne permettent pas non plus d'établir une distinction tranchée entre les deux catégories de filons.

Les granites et les elvans sont, sur certains points, à St.-Austle par exemple, traversés par des filons d'étain qui les transforment en véritables amas entrelacés stannifères;

mais certaines zones des roches sédimentaires sont aussi traversées dans tous les sens par des veines stannifères (*tin-floors*). Les minerais d'étain se trouvent en outre, dans des filons proprement dits (*tin-lodes*) traversant le granite, les killas et les elvans, et particulièrement nombreux près des limites du granite, à Truro, St.-Austle et Tavistock (Devonshire). Les minerais de cuivre forment quelquefois des filons réticulés dans l'elvan, mais habituellement c'est surtout dans des filons ordinaires qu'ils se rencontrent et qu'ils sont exploitables. On trouve aussi des minerais de plomb dans les parties du district métallifère les plus éloignées du massif granitique. Les filons les plus récents ont des remplissages de quartz et d'argile : le mineur anglais les désigne sous les noms de *cross-courses*, de *cross-flucans* et de *slides*.

La nature des remplissages, les rejets, les déviations, etc., montrent que la formation des filons a continué pendant une longue période de temps, que des fentes déjà remplies se sont réouvertes, que d'autres fentes plus récentes se sont produites à côté des fentes anciennes, etc., mais sans que, nous l'avons déjà indiqué, on puisse établir une relation précise entre ces phénomènes et la minéralisation des filons. Comme dans d'autres districts, les parties riches et les parties stériles alternent sans que l'on parvienne à saisir les lois de ces alternances.

C'est aussi dans les schistes dévoniens métamorphiques et dans le granite que se trouvent les gîtes de cuivre du Petit Namaqualand et du Damaraland sur la côte occidentale de l'Afrique australe. Dans les schistes, ce sont des filons-couches, dirigés très régulièrement du nord-nord-ouest au sud-sud-est, avec des inclinaisons de 85 à 90° et des puissances de 1 à 2 mètres et plus. Dans le granite, au contraire, la direction est perpendiculaire à

(1) A. Knop, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1861, p. 513.

celle des filons raversant les schistes. D'après A. Thies, on trouve aussi dans les schistes des amas métallifères en forme de cône renversé, qui, en divers endroits, disparaissent en venant buter contre le granite sous-jacent. Tel serait le cas à Springbokfontein, pour un amas qui a 100 mètres de diamètre à la partie supérieure et de 24 à 25 mètres de profondeur suivant l'axe, et au pied du mont du Spectacle, dans la vallée des Buffalos, pour un amas de 94 mètres de puissance qui a été suivi jusqu'à 28 mètres environ de profondeur.

Les filons sont parfois croisés par des filons de pegmatite plus récents. La gangue dominante est le quartz : il présente une tendance à se diviser en lentilles dont la plus grande dimension est parallèle aux saibandes ; il empâte parfois des fragments des épontes et des lamelles de mica noir ou brun-rouge. La calcite, la calcédoine et l'hyalite sont rares. La barytine n'est connue que dans les filons du Damaraland ; la sidérose, le braunspath et la fluorine manquent toujours. Un kaolin jaune brunâtre, doux au toucher, remplit souvent des interstices dans les filons ; il contient assez, fréquemment des minerais. Les minerais sont la chalcopryrite, la phillipsite et la chalcosine, avec leurs produits de décomposition ; ils sont aurifères : on trouve de l'or natif dans de la chrysocole et de la ziguéline. Comme minéraux accessoires, il y a lieu de citer la marcasite qui forme partout des veines dans les filons, la pyrite de fer, le cuivre gris, la molybdénite.

Tous ces gîtes ont un chapeau de fer remarquable, composé de limonite avec inclusions de minerais de cuivre oxydés et de cuivre natif. « Aux points où les pyrites ont subi cette transformation, les gîtes présentent le spectacle d'une altération et d'un bouleversement qui défie toute description. »

Le *new red sandstone* triasique de l'Amérique du Nord (1)

(1) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 4 et 143.

est traversé par beaucoup d'éruptions dioritiques et méla-phyriques, dans le voisinage desquelles les grès sont métamorphisés et contiennent des gîtes de minerai de cuivre et des filons de barytine. Le métamorphisme des grès se manifeste par l'accroissement notable de leur dureté et par le changement de leur couleur, qui passe du brun-rouge au noir-vert ou au brun-noirâtre. C'est surtout à New-Jersey que ces roches contiennent des minerais de cuivre, tantôt dans des fentes réticulées remplies de phillipsite, tantôt en concrétions arrondies empâtées dans la roche et dont le noyau est formé de cuivre natif que recouvrent une couche de cuprite, puis une couche de chrysocole mame-lonnée.

103. **Type Australie-Californie.** — *Caractères : filons de quartz aurifère dans des roches sédimentaires, parfois très riches en minéraux subordonnés de toute nature, parmi lesquels les combinaisons tellurées sont particulièrement caractéristiques.*

Les roches sédimentaires, spécialement celles qui ont été métamorphosées par des roches éruptives, contiennent souvent des filons de quartz avec or natif et pyrite de fer. On exploite dans le gneiss, à Eidsvold (1), à 75 kilomètres au nord de Christiania, des veines ayant les allures tantôt de filons, tantôt d'amas stratifiés, composées de quartz ferrugineux avec pyrite de fer, chalcopyrite, hématite rouge, parfois oligiste et cuivre gris et contenant des lamelles et des dendrites d'or natif. Des conditions de gisement analogues, rappelant encore celles des amas stratifiés de quartz aurifère, se trouvent à la mine *Skara*, dans la paroisse d'Egers, à 20 kilomètres de Drammen.

J. G. Klemm a décrit les filons de quartz avec pyrite de fer, hématite brune et or natif qui traversent les schistes

(1) Th. Scheerer, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1843, p. 853.

crystallins du Venezuela (1); R. Wendeborn, ceux du même genre des *Montes Aureos* (2), dans le nord du Brésil.

Les filons de la chaîne de Tauern, près de Salzbourg, et ceux de Brandholz, près de Berneck, dans le Fichtelgebirg, doivent être considérés comme des systèmes de joints ou *feuilletts* (v. p. 56), à côté desquels la roche est imprégnée de quartz, or natif et sulfures métalliques. Le type des filons de la chaîne de Tauern se trouve au Rathhausberg (3), près de Gastein. Ils traversent des gneiss et des mica-schistes. La roche silicifiée qui encaisse les feuilletts et les masses de quartz pur qui les accompagnent sont imprégnées d'or natif, de chalcopryrite, de phillipsite, de pyrite de fer, de mispickel, de galène, de blende, etc. Des assises très chloriteuses s'intercalent entre les fentes dont elles suivent la direction et l'inclinaison, bien que leur puissance soit variable. Le feuillet principal est accompagné de feuilletts secondaires souvent assez éloignés et la roche qui les sépare est alors traversée par des fentes transversales, dites *feuilletts de puissance*, qui exercent une influence favorable sur la minéralisation : cette influence se conçoit aisément si l'on envisage ces fentes comme autant de canaux dans lesquels ont pu circuler les solutions métallifères.

Les filons de Brandholz, près de Berneck, sur la lisière sud-ouest du Fichtelgebirg, sont très analogues aux précédents; ils traversent un phyllade primitif et sont composés de lentilles aplaties de quartz de directions et d'inclinaisons variées, atteignant des puissances de 1 mètre et contenant de l'or natif, de la pyrite de fer et du mispickel aurifères, de la stibine, rarement du kermès et de la patri-nite; lorsqu'une lentille finit, le filon n'est représenté,

(1) J. G. Klemm, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1859, p. 280.

(2) R. Wendeborn, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 181, 03 2 et 226.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 318.

jusqu'au commencement de la suivante, que par une simple fente (feuillet), à côté de laquelle la roche est silicifiée sur quelques centimètres et imprégnée de pyrite de fer et de mispickel.

Les couches siluriennes de Marionetshire (1), dans le nord du pays de Galles, et les diabases qui y sont interstratifiées contiennent beaucoup de filons métallifères, parmi lesquels se trouvent des filons de quartz aurifère avec pyrite de fer et de cuivre, tétradymite, galène, calcite et barytine.

Les grauwackes de Culera (2), en Catalogne, entre la petite ville de Llanza et la frontière française, renferment des filons de quartz aurifère dont la puissance varie depuis quelques centimètres jusqu'à 4 mètres et qui méritent d'appeler l'attention par leur irrégularité même et par leurs rapports avec des lentilles de quartz interstratifiées dans les couches du terrain. Le quartz gras, blanc ou gris, contient du mispickel, de la pyrite de fer, de la chalcoppyrite, de la galène, de la blende et de l'or natif finement disséminé; parfois en outre on y trouve des fragments de la roche encaissante et des veines de calcite.

L'Australie (3) renferme des districts aurifères d'une très grande importance. Les gîtes en place y sont des filons-couches, des filons réticulés et des imprégnations, encaissés exclusivement « dans des roches siluriennes ou dévoniennes (ou encore dans des schistes cristallins plus anciens, probablement cambriens) et dans des roches éruptives du même âge. » Les filons sont certainement antérieurs à la période houillère; ils ne passent en effet jamais des couches anciennes, fortement plissées, dans les

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 492. — Breithaupt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1865, p. 91. — D. Forbes, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1868, p. 748 (Compte-rendu).

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 438.

(3) G. Wolff, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XXIX, 1877, p. 82.

couches carbonifères qui les recouvrent en stratification discordante. « Même au *Schoalhaven River*, dans la Nouvelle-Galles du Sud, où des érosions puissantes présentent des coupes des roches de transition et des roches houillères de plus de 469 mètres de hauteur, où les gîtes sont souvent dénudés et visibles jusqu'à leur contact avec les conglomérats et les grès houillers, ils viennent buter nettement contre eux sans y pénétrer. » Les gîtes et les têtes des couches encaissantes forment, selon la nature de ces couches, des crêtes, des mamelons et des vallées, sur et entre lesquels les roches houillères sont déposées en stratification discordante. Les gîtes étaient par conséquent certainement formés lorsqu'a commencé le dépôt des premières couches carbonifères. »

Il est très probable que les plissements des sédiments anciens ont été accompagnés d'éruptions de granite, syénite, diorite et autres grünstains et que les filons de quartz aurifère se sont produits pendant la même période. Parmi les roches éruptives, ce sont les grünstains qui paraissent être les plus récentes; l'examen du filon de Wood'spoint (Victoria), montre que leur éruption a été postérieure à la formation des filons de quartz aurifère (v. p. 229).

Les gîtes aurifères de la Nouvelle-Zélande se trouvent en partie dans des schistes, en partie dans des couches puissantes de grès. Dans les schistes, ce sont des filons-couches de 1^m,50 de puissance maxima, composés de quartz blanc avec or natif, pyrite de fer parfois cuprifère, rarement marcasite; dans le grès, ce sont des filons de 1^m,25 de puissance moyenne, atteignant rarement de 5 à 18 mètres de puissance, avec remplissage de quartz très fissuré et de pyrites nombreuses, particulièrement de marcasite antimoniale et arsenicale, de pyrite de fer et de chalcoppyrite, puis de cuivre gris et de blende. L'or natif se trouve généralement en lamelles cristallines; il contient plus d'argent que celui des filons-couches des schistes.

Presque tous les terrains sédimentaires préhouillers du continent australien courent du nord au sud; les roches éruptives anciennes, granite, syénite, porphyre, diabase, etc., sont alignées suivant la même direction, tandis que les roches éruptives modernes, les basaltes et les trachytes tertiaires, ont une orientation différente. Les gîtes sont généralement des filons-couches courant également nord-sud, même lorsqu'ils passent des terrains sédimentaires dans les roches éruptives. On en trouve des exemples dans les districts aurifères de Gympie et de Ravenswood, dans le Queensland, et dans ceux de Cargo (Nouvelle-Galles du Sud). Les filons de ces districts ont de 0^m,40 à 15^m,50 de puissance et les minerais y sont concentrés en colonnes riches.

Les filons de quartz aurifère de Californie (1) ont une grande importance et tirent un intérêt particulier de leurs relations avec les éruptions granitiques. Le massif central de la Sierra-Nevada est formé en partie de granite qui constitue des bandes allongées, fréquemment ramifiées et des masses ellipsoïdales isolées dont le grand axe est parallèle à la direction de la chaîne. Sur les deux côtés de cet axe granitique s'appuient des schistes métamorphiques, micaschistes, phyllades, schistes chloriteux, talqueux ou amphiboliques, des quartzites, des calcaires, etc. J.-D. Whitney a prouvé que toutes ces roches devaient être rapportées à la période allant du calcaire carbonifère au terrain jurassique. On trouve dans les calcaires métamorphiques *productus semireticulatus*, *spirifer lineatus* et autres fossiles caractéristiques du calcaire carbonifère. Les couches du versant est de la chaîne contiennent des *orthocères*, des *cératites*, des *ammonites*, des *monotis*, des *avicula*, etc. et corres-

(1) D. Burkart, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1870, p. 21. — v. Richthofen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellschaft*, 1869, p. 727. — v. Richthofen, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, 1867, t. XV, p. 1.

pondent aux calcaires triasiques de Hallstadt, Aussee et Saint-Cassian. D'autres couches contiennent des *belemnites*, des *pholadomyes*, etc. et appartiennent par suite à la formation jurassique. Des couches crétacées et tertiaires sont déposées au pied de la chaîne en stratification discordante, mais elles sont également métamorphisées dans la chaîne côtière de Californie et y renferment des filons de quartz aurifère. Entre les roches métamorphisées sont intercalés des diorites et des porphyres, dont l'éruption paraît être contemporaine du dépôt des couches au milieu desquelles ils se rencontrent.

Les filons de quartz aurifère n'ont aucune relation ni avec ces roches éruptives anciennes, ni avec des roches volcaniques modernes. Des faits nombreux prouvent au contraire que leur formation a été une conséquence du métamorphisme extraordinairement intense et étendu qui a accompagné les éruptions granitiques. Celles-ci ont, suivant toute probabilité, commencé pendant la période jurassique et pris fin à l'époque de la craie supérieure. Les filons de quartz aurifère se trouvent toujours en effet au voisinage du contact du granite et des schistes métamorphiques dans lesquels ils ont leur principal développement; ils ne pénètrent que rarement dans le granite lui-même.

Les filons occupent une zone qui traverse presque toute la Californie du nord au sud et dont la largeur atteint souvent 36 kilomètres; leur direction est en général parallèle au grand axe de cette zone et de la chaîne de montagnes (h. 12); leur inclinaison varie de 15 à 90°, le plongement se fait ordinairement vers l'est. Les filons traversent, sans modification essentielle de leurs allures, les roches les plus diverses, sont accompagnés d'enduits argileux et de miroirs de glissement et n'ont généralement que de 0^m,05 à 1 mètre de puissance. On connaît, il est vrai, des filons dont la puissance atteint 6, 24, même 47 mètres, mais ils sont toujours divisés par des nerfs en plusieurs

branches : ce sont en réalité des filons composés, des zones de roches traversées par des veines de quartz aurifère.

Le remplissage est du quartz avec des inclusions d'or natif, ordinairement si fines qu'elles échappent complètement à la simple vue. L'or ne se trouve que rarement en lamelles, en grains, en dendrites et en cristaux; il est accompagné d'un grand nombre de minéraux subordonnés, comme la pyrite de fer, la galène, la blende, la pyrite magnétique, le mispickel, la chalcopryrite, le cinabre et des minerais de tellure (petzite, hessite, mélonite, calavérite, etc.). D'après v. Richthofen, il est toujours concentré en colonnes riches qui se continuent en profondeur sans diminution de la teneur. Le filon le plus important est le *mother lode*, qui a été suivi en direction sur plus de 110 kilomètres (v. p. 54).

Outre les filons dont nous venons de parler, les roches métamorphiques renferment encore des veinules irrégulières de quartz, dans lesquelles l'or ne se trouve jamais en quantités exploitables. On y trouve en outre, mais seulement au voisinage des filons aurifères, des masses lenticulaires de minerais de cuivre, formées de chalcopryrite, de pyrite de fer avec blende, de galène, d'argent natif et d'or natif.

On pourrait citer encore divers autres exemples de filons de quartz aurifère dans des roches sédimentaires relativement récentes, comme ceux des montagnes de Humboldt (1), dans l'État de Névada; un certain nombre de filons argentifères et aurifères y traversent des roches sédimentaires triasiques de compositions très variées, remarquables par l'abondance des fossiles caractéristiques du Keuper alpin; ils paraissent être en relation avec des porphyres quartzifères, des porphyrites et des mélaphyres.

(1) v. Richthofen, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1869, p. 729.

Il semble que les gîtes du district minier de Tatatila (1) et de Zomelahuacan (Mexique), décrits par Richter et Hübner, soient également en relation avec la présence de roches éruptives dans un calcaire probablement très moderne. Ce district est à 50 kilomètres de Jalapa; le sol y est formé de calcaire, grünstein (?), porphyre et trachyte. Les filons métallifères se rencontrent surtout dans le calcaire, rarement dans le grünstein et le porphyre et ne pénètrent jamais dans le trachyte, contre lequel ils se terminent brusquement (comp. p. 236). Ils ont en moyenne de 1 à 2 mètres de puissance, une forte inclinaison, une direction généralement nord-sud, rarement est-ouest; le nombre de ceux que l'on connaît actuellement s'élève jusqu'à vingt.

Au point de vue du remplissage, on peut y distinguer quatre groupes :

1° filons aurifères, contenant l'or natif dans un quartz compacte coloré par de l'oxyde de fer;

2° filons argentifères (appartenant au type Brand, n° 109), contenant de l'argent natif, de l'argyrose, du cuivre gris argentifère dans une gangue de calcite, moins souvent de quartz;

3° filons de galène argentifère avec gangue de quartz et calcite (appartenant au type Clausthal, n° 111);

4° filons de cuivre. A l'inverse des précédents, ces derniers ont des allures très irrégulières; ils ressemblent à des dépôts dans des cavités de formes non définies et se rapprochent par suite du type Rio Cares (n° 114). Les minerais sont la chalcopryrite et la phillipsite aurifères.

Les filons atteignent leur plus grande puissance lorsqu'ils traversent le calcaire, notamment en ce qui concerne ceux des groupes 1 et 4; les filons d'argent et de plomb des

(1) Richter et Hübner, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salzenw. im preuss. Staat*, t. XXI, 1873, p. 26.

groupes 2 et 3, encaissés dans le grünstein, sont moins puissants. Les filons de la mine *la Concepcion* ne peuvent être rangés dans aucun des groupes précédents, parce qu'ils contiennent à la fois du quartz aurifère, des minerais de plomb, d'argent et de cuivre. Des observations qui paraissent encore insuffisantes semblent avoir établi que les filons aurifères s'appauvrissent en profondeur et lorsqu'ils s'ouvrent largement, tandis que les filons argentifères suivraient une loi contraire et qu'aux croisements les filons aurifères et les filons de cuivre s'enrichiraient, tandis que les filons d'argent s'appauvriraient.

104. Type Rewdinsk. — *Caractères: filons de quartz avec minerais de cobalt et de nickel dans des roches sédimentaires.*

Les filons de ce type paraissent être fort rares. On y a rangé les filons cobaltifères de Schneeberg, en Saxe; mais le quartz n'y est pas un élément primitif du remplissage: il s'y trouve comme pseudomorphose de barytine et accompagne, en outre, des minerais riches d'argent; nous n'en parlerons que plus tard (v. type Schneeberg, n° 106).

A Rewdinsk (1), près d'Ekatherinenbourg (Oural), un filon vertical de deux mètres de puissance traverse des chloritoschistes et de la serpentine. Le remplissage est formé de quartz carié et de chrysoprase; les cavités du quartz renferment une argile plastique empâtant des nodules d'annabergite qui peuvent atteindre la grosseur du poing. On n'y a pas encore trouvé d'autres minerais.

105. Type des filons cobaltifères à gangue spathique. — *Caractères: filons traversant les terrains sédimentaires et contenant des minerais de cobalt, de nickel et de bismuth, associés à des gangues spathiques (barytine, calcite, si-*

(1) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 65.

dérose) et à du quartz et accompagnés d'un grand nombre de minéraux subordonnés.

Les minéraux de cobalt et de nickel et ceux de bismuth qui les accompagnent fréquemment sont très souvent associés à des gangues barytiques, soit dans des filons-couches, soit dans des filons transversaux encaissés dans des terrains sédimentaires de tout âge.

Les schistes verts qui s'appuient sur le massif de granite, de porphyre et de gneiss des Alpes centrales du Valais et qui présentent un grand développement dans le val d'Einfisch (Anniviers), près de Sierre (1), renferment un grand nombre de gîtes métallifères (v. p. 141) et notamment des filons-couches contenant du mispickel cobaltifère, de la cobaltine, de la chloantite, des bismuth natif, de l'annabergite, de l'érythrine, du quartz et du braunspath, puis de véritables filons transversaux, avec chloanthite, nickéline, braunspath et sidérose.

Les mêmes minerais se trouvent dans les schistes verts du Piémont (2). A l'ouest de Turin, sur la Sarda, au pas de Paschietto, on rencontre dans la diorite deux filons, de 0^m,50 à peine de puissance, de quartz, sidérose, rarement calcite, smaltine, érythrine, annabergite, malachite et azurite ; l'exploitation n'en a jamais été durable. Les filons des environs du village de Bruzolo sont plus riches ; ils traversent des schistes chloriteux et de la serpentine et contiennent du quartz, de la dolomie, de la calcite, de la rammelsbergite, de la lœllingite, du cuivre gris, de la chalcopyrite et de la chloantite.

On connaît dans le phyllade de la sierra Cabrera (3), qui est recouvert de calcaire carbonifère, un filon de braunspath avec millerite, nickéline, smaltine et leurs produits d'altération habituels.

(1) A. Ossent, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1868, p. 245.

(2) J. Strüver, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1871, p. 315.

(3) Ferber, *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 306.

Les failles qui rejettent la couche de schiste cuivreux (v. p. 44) sont devenues sur beaucoup de points des filons métallifères : elles contiennent, en effet, dans la région de la couche cuivreuse, des minerais de cobalt et de nickel avec gangues de barytine et de calcite. Bien que le phénomène se reproduise avec les mêmes conditions essentielles, dans le Mansfeld, dans le Thüringerwald, à Riechelsdorf et à Bieber, en Hesse, il n'est cependant pas absolument général : certaines failles restent stériles sans qu'on en connaisse la raison, tandis que d'autres contiennent des minerais, de la barytine ou de la calcite.

Dans le pays de Mansfeld (1), ces filons ont toujours une direction comprise entre h. 7 et h. 9 et une forte inclinaison : les rejets qu'ils produisent ont des amplitudes très variables (v. p. 27). Les minerais de cobalt et de nickel ne se sont trouvés exploitables que sur deux points, au 23^e chantier de Gerbstädt où de la smaltine, parfois cristallisée, de la pyrite de fer, de la marcasite, plus rarement de la chalcosine, de la phillipsite, de la chalcopyrite étaient associées à de la calcite, de la sidérose et rarement de la barytine et, en second lieu, dans les districts de Sangerhäuser, où la smaltine était accompagnée de mispickel cobaltifère et nickélifère, de chalcosine et de chalcopyrite, avec gangue de barytine, rarement de calcite et de quartz. Ces filons particuliers, désignés dans le pays sous le nom de *rücken*, ne sont pas des fentes à cours régulier, mais des systèmes de cassures étoilées qui rejettent les couches en y produisant des plissements et des brouillages tout spéciaux. Les gangues et les minerais remplissent des cavités irrégulières, de formes très variées : leur texture est massive, jamais symétrique et zonée.

Dans le Thüringerwald, c'est surtout à Glücksbrunn et à

(1) Bäumlér, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. IX, 1857, p. 23.

Camsdorf (1) que les filons en question ont été productifs. Ils ne diffèrent pas essentiellement de ceux du Mansfeld, car ils contiennent encore de la smaltine, du cuivre gris, de la cobaltine, de la pyrite de fer, de la chalcopryrite, de la philipsite, de la chalcosine, de la galène, du bismuth natif, etc., dans une gangue de calcite et de barytine. A Camsdorf, ils ont fourni un exemple intéressant de l'influence de la roche encaissante sur la minéralisation ; ils contenaient, en effet, dans le *wiessliegende* du mur (v. p. 124), de la smaltine, du cuivre gris, de la cobaltine et de la chalcopryrite ; dans la couche, outre ces minerais, du cobalt oxydé noir, de l'érythrine et de l'annabergite ; dans les calcaires du toit, presque uniquement du cobalt oxydé noir, ayant pénétré au loin dans les fissures de la roche.

On a exploité dans les filons de Riechelsdorf (2) la smaltine, la chloanthite et la cobaltine associées à de la barytine et accompagnées de leurs produits de décomposition. Les minerais se rencontrent en nids dans la région de la couche de schiste cuivreux et du grès rouge immédiatement sous-jacent. Plus en profondeur, les filons sont restés barytiques, mais ont cessé de contenir des minerais. « Ce qui est singulier, c'est que la couche de schiste cuivreux est pauvre et inexploitable au voisinage des filons métallifères. »

A Bieber, en Hesse (2), le zechstein repose sur des mica-schistes ; les deux terrains sont traversés par des filons qui les rejettent de 10 à 20 mètres. Les filons ont de 0^m,07 à 0^m,40 de puissance, contiennent des parties riches isolées dans la région de la couche cuivreuse et dans le mica-schiste, à 20, 40 et même 60 mètres au-dessous, mais non à une profondeur plus grande ; au toit et au mur, ils ne dis-

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 75.

(2) *Erläuterung z. geol. Specialkarte v. Preussen u. d. Thür. Staaten*, feuille Sontra.

(3) Schmidt, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1808, p. 45.

paraissent pas, mais sont réduits à un simple filet, sans aucune gangue. Les minerais, cobaltine, smaltine, bismuth natif, sidérose, chalcopryrite, cuivre gris et pyrite de fer, ne sont accompagnés que de barytine.

Les filons de Schladming (1), en Styrie, qui à d'autres égards diffèrent beaucoup des précédents, s'en rapprochent par la présence de minerais de cobalt et de nickel en relation avec un horizon stratigraphique déterminé. Ils traversent des schistes cristallins dont certaines couches contiennent des inclusions pyriteuses et peuvent être assimilées aux fahlbandes (v. p. 142). Les filons sont tous à gangue calcaire et contiennent des nids de cuivre gris, de mispickel et de minerais riches d'argent : ils appartiennent par suite au type Schneeberg (n° 106); mais ils se resserrent d'une manière remarquable, jusqu'à disparaître, à la traversée des fahlbandes, qui contiennent alors des nids et des nodules de minerais de nickel. Ces nids ont parfois une longueur de quelques mètres et peuvent atteindre un mètre de puissance. Les minerais se trouvent en outre dans les fahlbandes en grains de grosseurs variées ; les principaux sont la cobaltine, la chloanthite, la smaltine, la nickéline, le mispickel, le cuivre gris, rarement la pyrite de fer; ils sont accompagnés de calcite ; le quartz y est rare.

106. Type Schneeberg. — *Caractères : filons contenant des minerais de cobalt, de nickel et d'argent, diverses gangues et des minéraux subordonnés de toute nature.*

Les filons traversent principalement les schistes cristallins. Il y a lieu de remarquer que l'on connaît à Wittichen un filon de remplissage identique encaissé dans le granite (v. p. 238, type Schemnitz). L'association de minerais riches d'argent avec des minerais de cobalt et de nickel est très

(1) Aigner, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.*, t. IX, 1860 p. 230.

fréquente ; elle établit un lien entre les filons cobaltifères et nickélifères précédemment décrits (n° 105) et les filons argentifères (n° 106 à 110).

On en trouve un excellent exemple dans le champ de filons de Schneeberg (1), dans l'Erzgebirg saxon, qui se distingue par des filons nombreux et d'allures très variées. Le sol est formé de grands massifs granitiques entourés de micaschistes et de phyllades ; c'est dans les schistes que se montrent les filons, tandis qu'ils sont plus rares dans le granite. Leurs directions sont si variées, que l'ensemble constitue un réseau complet (v. p. 49). H. Müller y a établi, d'après la nature des remplissages et leurs âges relatifs, la classification suivante :

- 1° filons cuivreux ;
- 2° filons quartzeux stériles ;
- 3° filons plombo-pyriteux ;
- 4° filons barytiques ;
- 5° filons ferrugineux.

1° Les filons cuivreux sont dirigés h. 1 à 4, ont une inclinaison voisine de 90° vers le nord-ouest, contiennent du quartz avec de la chalcoppyrite, de la phillipsite, de la chalcosine, du cuivre gris et parfois seulement de la galène, de la blende, de la pyrite de fer et du mispickel ; ils appartiennent en conséquence au type Tellemarken (v. p. 270).

2° Les filons quartzeux stériles ont une direction voisine de celle des précédents, h. 2 à 5 et une inclinaison de 45 à 80° vers le nord-ouest ; ils ne sont que très rarement métallifères ; on y trouve toutefois des minerais de cobalt et de nickel aux points où ils croisent presque normalement les filons cobaltifères.

3° Les filons plombo-pyriteux sont généralement dirigés du nord-ouest au sud-est et plongent vers le sud-ouest

(1) v. Cotta, *Erzlagersstätten*, II, p. 46.

sous de fortes inclinaisons. Leur remplissage formé de quartz, pyrites, blende et galène, les fait rentrer dans le type Clausthal (n° 111).

Les filons barytiques et cobaltifères sont d'âge beaucoup plus moderne que les précédents ; ils ont pour l'exploitation une importance beaucoup plus considérable.

4° Ce sont les filons barytiques, dont l'affleurement a donné lieu à l'étonnante production de minerai d'argent de Schneeberg aux XV^e et XVI^e siècles. Ils sont dirigés du sud au nord, avec une forte inclinaison et contiennent de la barytine, de la fluorine, de la calcite, du quartz, des minerais riches d'argent avec minerais de plomb, de cobalt, de nickel et de bismuth.

5° Les filons cobaltifères sont ceux qui jouent aujourd'hui à Schneeberg le rôle le plus considérable. Leur nombre est très grand (150), leur direction très variée. Les remplissages sont caractérisés par le quartz, souvent en pseudomorphoses de calcite et de barytine, le jaspe, plus rarement la calcite et le braunspath, la smaltine, la nickéline, le bismuth natif, la pyrite de fer, la galène, l'argent rouge, l'argyrose, l'argent natif et beaucoup d'autres minéraux, quelques-uns rares, parmi lesquels il convient de citer des minerais d'urane.

6° Les filons de minerai de fer ont déjà été décrits précédemment (v. p. 206).

On trouve à Marienberg, à Annaberg, à Joachimsthal, à Johanngeorgenstadt (1) et sur divers autres points de l'Erzgebirg saxon des filons de cobalt très analogues à ceux de Schneeberg ; certains filons encaissés dans le granite et le gneiss de la Forêt-Noire badoise appartiennent incontestablement aussi à la même famille. Ils sont en général peu puissants, paraissent s'appauvrir en profondeur et contiennent, dans une gangue où dominent la barytine

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 25, 30, 34 et 42.

et la fluorine, soit de la galène et de la pyrite de cuivre, soit des minerais riches d'argent, des minerais de cobalt et de nickel et des cuivres gris bismuthifères et cobaltifères. Les filons de Wittichen, encaissés dans le granite, ont été décrits précédemment (v. p. 238). Parmi les filons de minerais d'argent et de cobalt des gneiss, on peut citer le filon *Wenzel*, à Wolfach (1), comme caractéristique, bien qu'il n'ait été métallifère que sur 80 mètres de longueur et jusqu'à une profondeur de 65 mètres seulement. Au nord et au sud, des failles dirigées h. 12 et plongeant de 60 à 65° vers l'est ont arrêté la minéralisation. Le filon s'est divisé près de ces failles en veines inexploitablement et on a vainement essayé, à diverses reprises, de le retrouver au delà du dérangement. D'après Fr. Sandberger, le filon n'était métallifère que dans le gneiss riche en oligoclase et grenu ou dans le gneiss riche en mica et schisteux, tandis qu'il se montrait stérile dans le gneiss grenu riche en orthose et dans le gneiss rubané. Il a une puissance de 0^m,30 à 0^m,60 et adhère constamment à la roche encaissante ; sa direction, très régulière, est comprise entre h. 10 et 12 ; son inclinaison varie de manière à donner à un profil en travers la forme d'une ligne polygonale brisée. Les remplissages présentent, au point de vue de leur âge, l'ordre de succession indiqué p. 99.

Un des filons barytiques du *Kupferberg*, en Silésie (v. p. 271), l'*Adlergang*, appartient à ce type. Il contient en effet dans une gangue barytique des nids de calcite, argent natif, chalcopryrite, phillipsite, chalcosine pure ou mélangée d'argyrose, cuivre gris, polybasite, smaltine, argent rouge, chloanthite, nickéline, harmotome, heulandite et braunspath.

107. Type Bræunsdorf (*formation quartzeuse noble*)

(1) Fr. Sandberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1869, p. 290.

de Saxe).—Caractères : filons principalement quartzeux avec minerais riches d'argent.

Les filons de ce type se trouvent surtout dans les schistes cristallins. On connaît dans le district métallifère de Freiberg plus de 150 filons encaissés dans le gneiss, à remplissage principalement quartzeux, contenant en géodes, rarement en inclusions, des minerais riches d'argent. Le quartz est tantôt blanc et pur, tantôt jaspeux ; les minerais sont l'argent rouge, l'argyrose, l'argent natif, le mispickel argentifère, le cuivre gris, la miargyrite, le psaturose, la polybasite. Les pyrites, les sulfures, la calcite, la fluorine, la barytine ne s'y trouvent jamais en masses, mais seulement comme éléments subordonnés. Les filons, qui atteignent jusqu'à 2 mètres de puissance, contiennent beaucoup de fragments de la roche encaissante entourés d'un enduit quartzeux concentrique. Ils ont un développement particulièrement caractéristique à Braunsdorf, mais ils n'y sont exploitables que dans un schiste noir, charbonneux, jamais dans le micaschiste ordinaire.

Les filons du gneiss rouge de Katharinenberg (1), en Bohême, tout en ayant contenu beaucoup de pyrites et de sulfures métalliques, paraissent rentrer dans ce type ; il en est de même du filon *Widersinnig*, près d'Adamstadt et de Rudolstadt (2), au nord-est de Budweis, en Bohême.

On trouve dans le micaschiste des districts de San Antonio et d'El Trinifo (3), dans la basse Californie, des filons de médiocre richesse qui contiennent du quartz et de l'argile, associés, près de la surface, à de la kërargyrite, de l'argent arsenical, de l'exitéle, du minium, de l'hématite brune, de la malachite, de la chrysocole et de la smithsonite ; en profondeur, à de la chalcosine, du cuivre gris, de la galène,

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 23.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 207.

(3) A del Castillo, *Zeitschr. f. d. Berg Hütten u. Salinenw. im preuss Staat*, t. XIV, p. 105.

de la stibine, de la pyrite de fer, de la marcasite, du mispickel, etc.

Peut-être doit-on ranger dans la même catégorie un filon de quartz traversant les schistes talqueux et micacés de la mine Michailowski (1), dans le gouvernement d'Orenbourg. Ce filon a de 0^m,05 à 1 mètre de puissance et ne contient pas de minerais, mais on trouve aux salbandes des zones de 0^m,04 à 0^m,17 de puissance composées de grains de quartz, d'oxyde de fer et d'argile, qui renferment des cristaux nombreux de chlorure et de bromure d'argent (v. p. 86).

103. Type Brand (*formation plombreuse noble.*) — *Caractères : filons contenant des calcaires spathiques avec quartz, parfois barytine ou gypse, fluorine, galène, pyrite et blende, associés avec des minerais riches d'argent, en proportions variables et traversant des roches sédimentaires très diverses.*

On connaît aux environs de Brand, près de Freiberg, environ 340 filons encaissés dans le gneiss et contenant du braunspath, de la diallogite, du quartz et les minerais précités comme éléments caractéristiques. Les filons qui traversent le gneiss de Kuttenberg, en Bohême, ont un remplissage formé de quartz, calcite et feldspath, galène, blende, pyrite de fer, chalcopryrite et minerais riches d'argent.

La roche dominante aux environs de Kongsberg (2) est un gneiss schisteux fréquemment granatifère, qui vers l'ouest, à un mille de Langenthal, près de Kongsberg, passe graduellement à un gneiss granitoïde. Il contient des assises subordonnées de roches amphiboliques grenues ou schisteuses, de micaschistes, de chloritoschistes, talcschistes et

(1) W. v. Beck, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1876, p. 162.

(2) G. v. Rath, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1869, p. 434. — P. Herter, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVII, 1865, p. 163.

quartzites, dans lesquelles sont intercalées les fahlbandes précédemment décrites (v. p. 140). 500 filons environ traversent ces roches ; ils ont de 0^m,005 à 0^m,30 de puissance, adhèrent toujours fortement à la roche encaissante, sont dirigés de l'est à l'ouest, normalement à la direction des couches et plongent sous une inclinaison voisine de 90°, généralement vers le sud, rarement vers le nord. Les gangues sont la calcite, la fluorine, moins souvent la barytine, le quartz et la dolomie ; on y trouve comme minéraux non métalliques : stilbite, harmotome, prehnite, laumonite, actinote, axinite, adulaire, albite, anthracite, amianthe (variétés cuir et liège de montagne), etc. Parmi les minerais, il y a lieu de citer l'argent natif, parfois aurifère, l'argyrose, l'argent rouge (assez rare), la kérargyrite (à l'affleurement), la galène, l'arsenic natif, la blende, la chalcoppyrite, la pyrite magnétique, la pyrite de fer, etc. Les filons ne sont métallifères qu'à la traversée des fahlbandes ; les points les plus riches se trouvent dans les parties où les filons sont peu puissants et alors la roche encaissante est imprégnée et devient exploitable sur 0^m,50 et même 0^m,70. La formation la plus ancienne est le quartz, puis viennent les différents sulfures, enfin la calcite et la fluorine (v. p. 100).

Le champ de filons d'Andreasberg (1), connu par sa richesse en minéraux divers, se trouve à l'extrémité sud-ouest du massif granitique du Brocken, dans le Hartz. Il est entouré par une zone étroite de phyllades siluriens et de grauwackes (*schistes de Wieder*), limitée elle-même au nord par des granites, au sud par des diabases. On rencontre dans cette zone des filons stériles, dits *ruschels*, des filons de minerais d'argent, des filons ferrugineux et cuivreux, qui ont entre eux les relations les plus intéressantes.

(1) H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVII, 1863, p. 163.

Les ruschels ont jusqu'à 60 mètres de puissance, sont remplies de fragments de phyllade empâtés dans de l'argile, plongent vers le sud sous des angles de 55 à 75° et ont une très grande longueur. Deux de ces filons stériles limitent le champ de fracture : ce sont au nord la *Neufanger*, au sud l'*Edelleuter ruschel*; entre elles est comprise une masse ellipsoïdale allongée formée principalement de phyllades, ayant cinq kilomètres environ de longueur sur un de largeur. La ruschel Edelleuter est presque rectiligne et dirigée sur h. $7\frac{1}{2}$; celle de Neufanger forme avec elle, à son mur, une ramification arquée. Ce n'est que dans l'espace ainsi délimité, espace dans lequel se rencontrent encore deux autres ruschels moins importantes, l'*Abendrother* et la *Silberburger ruschel*, que se trouvent les filons argentifères : ils ne s'étendent jamais au delà des deux ruschels principales. On ne connaît guère à Andreasberg, en dehors de cet espace, que des filons ferrugineux (v. p. 254) et des filons de chalcopyrite.

Les filons argentifères se divisent, d'après leurs directions, en deux systèmes. Le premier comprend plusieurs filons dirigés h. $9\frac{1}{2}$ à $10\frac{1}{2}$, faisant par suite des angles aigus avec la direction des ruschels et plongeant avec une forte inclinaison vers le nord-est; les principaux sont le *Franz August*, le *Samson* et le *Jacobs glücker*. Le second système ne comprend que deux filons essentiels, celui de *Gnade Gottes* et celui de *Bergmannstrost*, courant h. $6\frac{1}{2}$ à $7\frac{1}{2}$, c'est-à-dire parallèlement aux ruschels et plongeant de 60 à 85° vers le nord. Les filons de ce deuxième système sont déviés par ceux du premier (v. n° 28, p. 63).

Les filons du premier système, qui traversent les ruschels intermédiaires (*Abendrother* et *Silberburger*) rencontrent seuls les ruschels extrêmes (*Edelleuter* et *Neufanger*) et s'y terminent en coin ou par des ramifications. Les filons argentifères sont tous très peu puissants : ils n'ont souvent que quelques centimètres, rarement 0^m,50 et plus; leurs

lignes de direction et d'inclinaison sont ondulées; ils adhèrent fortement à la roche encaissante. Leur remplissage principal est une calcite blanche opaque (calcite ancienne), contenant des grains, des nids et des veines de quartz; rarement de fluorine, de galène, de blende, d'arsenic natif, d'argent rouge, de discrase, d'argent arsenical, rarement d'argyrose.

Les géodes y sont fréquentes : on y trouve les minerais précités et, en outre, une calcite récente sous les formes cristallines les plus variées, des zéolithes, notamment de l'apophyllite, et beaucoup d'autres minéraux en cristaux magnifiques. Il y a lieu de remarquer que l'on y rencontre aussi, bien qu'en très petite quantité, des minerais de cobalt et de nickel, tels que la smaltine et la nickéline. Les minerais sont disséminés dans le remplissage entier d'une manière essentiellement sporadique et irrégulière. On n'est parvenu à trouver aucune relation entre leur répartition et la nature de la roche encaissante; on croyait autrefois que les filons deviennent toujours stériles dans les diabases qui se rencontrent dans la zone des ruschels, mais on a reconnu récemment qu'il n'en était rien. On n'est pas arrivé non plus à constater que les croisements et les rencontres exerçassent une influence favorable; mais on a toujours trouvé que les filons se stérilisent lorsque leur puissance devient un peu considérable.

H. Credner a appelé l'attention sur l'analogie des filons de Prziham (1) avec ceux d'Andreasberg. Le granite est recouvert, à Prziham, par :

- 1° des schistes à grain fin, d'un blanc sale;
- 2° des grauwackes grisâtres et rougeâtres, à grains de toutes grosseurs;

(1) G. Faller, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.*, 1864 t. XIII, p. 89.—Voir aussi Michel-Lévy et Choulette, *Annales des Mines*, 1869, t. XV, p. 129 (*N. du trad.*)

3° des schistes brouillés foncés, parfois nettement graphitiques ;

4° des grauwackes semblables à celles n° 2.

Ces couches appartiennent aux étages A et B du terrain silurien de Bohême, d'après Barrande; elles sont toutes dirigées du nord-est au sud-ouest, ont une forte inclinaison et sont traversées par des filons de diabase et des filons de minerais d'argent. C'est dans la deuxième zone des couches de Przišram que les filons argentifères sont le plus nombreux et le plus riches. On croyait autrefois qu'ils ne pénétraient pas dans les schistes foncés n° 3 et l'on admettait qu'ils étaient interceptés par une faille argileuse qui sépare ces schistes des grauwackes n° 2 et qui, par sa nature, se rapproche des ruschels d'Andreasberg. Plus tard, on a reconnu que cette manière de voir n'était pas exacte et que les filons, déviés par la faille argileuse, passent ensuite des grauwackes dans les schistes et continuent à y être exploitables. Une circonstance intéressante est le parallélisme ordinaire des filons métallifères et des filons de diabase : quelques filons métallifères se trouvent sur certains points au contact des grauwackes avec les diabases; d'autres traversent ces dernières roches et sont par conséquent plus récents.

Les filons forment, dans la grauwacke, un faisceau de 5 kilomètres de largeur sur 9 de longueur; on en exploite environ 40 kilomètres, dont la puissance oscille entre 0^m,25 et 3^m,75. Les gangues dominantes sont le quartz, la sidérose, la calcite et le braunspath, plus rarement la barytine et la dolomie. Les minerais sont la galène argentifère, la blende brune ou rouge, le cuivre gris, la chalcopryrite, l'argent natif, l'argent rouge, l'argyrose, la polybasite, le psaturrose, etc. On y a trouvé 78 espèces minérales, dont quelques-unes représentées par de beaux cristaux.

Depuis la surface jusqu'à la profondeur de 120 mètres, les filons ont un chapeau de fer et il est vraisemblable qu'ils

contenaient dans cette région plus de minéraux ferrugineux, peut-être de sidérose, que dans la profondeur. En général, les remplissages font corps avec la roche encaissante et ont une structure massive; on n'y observe que rarement une disposition symétrique et zonée. Les rejets et déviations sont produits par les feuillettes de la roche et par les joints de stratification plus souvent que par des filons; aux croisements des filons, les remplissages se fondent les uns dans les autres d'une manière qui ne permet pas d'en conclure l'âge relatif de chacun d'eux; on n'a pas constaté non plus d'enrichissements produits par ces croisements. Le principal filon de Przibram est le filon Adalbert, où l'on est parvenu il y a quelques années à la profondeur de 1.000 mètres, la plus considérable que l'on ait atteinte jusqu'à ce jour dans des puits.

On connaît dans le terrain silurien inférieur de l'île d'Argent (1), près de la rive nord du lac Supérieur, un filon remarquable et riche, à remplissage de calcite, quartz, argent natif, argyrose, blende, etc.

Le terrain dévonien inférieur des bords du Rhin occupe, sur un point isolé, des filons argentifères singuliers. Dans le sud du comté de Wittgenstein-Wittgenstein, dans la vallée de la Lahn supérieure, sur la lisière est du grand massif schisteux des provinces du Rhin et de la Westphalie, des phyllades noirs et des grauwackes appartenant probablement au dévonien inférieur de Coblenz, renferment beaucoup de filons de plomb, de cuivre et d'argent. Celui de la mine *Gonderbach*, près de Laasphe (2), est d'une richesse particulière. Il a de 12 à 18 mètres de puissance, et consiste essentiellement en trois veines métallifères séparées par des massifs de roche encaissante. La gangue

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 322 (Compte-rendu). — *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1874, p. 743.

(2) F. Rømer, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1875, p. 378.

est formée de quartz et de sidérose; la calcite paraît y faire entièrement défaut. Le minerai dominant est une galène médiocrement riche en argent; on y trouve comme éléments accessoires du cuivre gris, de la chalcoppyrite, de la blende et parfois des minerais d'argent, de l'argent rouge, de la polybasite et de l'argent natif.

109. *Suite du type Brand.* — Le célèbre filon *veta madre*, près de Guanajuato, au Mexique (1), est encaissé dans des roches sédimentaires d'âge douteux. Ce filon, l'un des plus considérables que l'on connaisse, se trouve entre ceux précédemment décrits (v. p. 237) de Santa-Rosa, Villapando et Luz. Il paraît avoir presque exactement la direction et l'inclinaison de la roche encaissante: ce serait en conséquence un filon-couche. Il est encaissé dans un phyllade peut-être dévonien et dans des couches de conglomérat pouvant appartenir au grès rouge. C'est au contact de ces deux roches que l'on a rencontré, aux mines *Valenciana* et de *Rayas*, la plus grande richesse: la puissance du filon y atteint 150 mètres, avec des zones minéralisées continues de 30 à 40 mètres. Le remplissage principal est formé d'améthyste et de calcite avec intercalations irrégulières de fragments de la roche encaissante; le gypse, la sidérose, la fluorine et l'apophyllite y jouent aussi un certain rôle; la barytine paraît y manquer entièrement. On retrouve dans la *veta madre* ces roches talqueuses friables, appelées *jabones*, que nous avons signalées, p. 238, dans les filons de Luz. Les minerais sont l'or et l'argent natifs, l'argyrose, le psaturose (rare), l'argent rouge, le cuivre gris, la galène et la blende. La chalcoppyrite et la pyrite de fer sont aussi très répandues. Le filon contient beaucoup de géodes dans lesquelles tous les minéraux du gîte se rencontrent en beaux cristaux. On

(1) Tilmann, *Der Bergbau von Guanajuato*, Münster, 1866.

Voir aussi Laur, *Annales des Mines*, 1871, t. XX, p. 38 (*N. du trad.*)

ne connaît aucune loi relative à la répartition des parties riches. Dans tous les filons métallifères de Guanajuato, la minéralisation ne commence qu'à 80 mètres de profondeur. A 400 ou 500 mètres, les minerais deviennent si antimoniaux et si plombeux qu'ils cessent de bien se prêter à l'amalgamation.

Les filons argentifères de Zacatecas (1), au nord-ouest de Guanajuato, traversent des grauwackes et paraissent analogues à la veta madre. Nous avons dit plus haut, p. 284, que les filons d'argent de Tatatila rentrent aussi dans le même type.

Les filons encaissés au Chili et en Bolivie dans les calcaires jurassiques supérieurs offrent un haut intérêt à cause de l'horizon géologique dans lequel ils se rencontrent et de leur richesse. La gangue de calcite y est toujours accompagnée de barytine et cette dernière substance prend parfois, par exemple à Arqueros, une importance telle que les filons doivent alors être rattachés au type barytique de Halsbrück (n° 110).

Les filons de Chañarcillo (2), dans la province d'Atacama, au Chili, traversent un calcaire marneux gris bleu ou bleu noir, en bancs très réguliers d'un mètre d'épaisseur, que la présence de fossiles permet de ranger avec certitude dans le terrain jurassique supérieur. A 600 mètres de profondeur, les filons sont encore encaissés dans le même calcaire qu'au voisinage de la surface et l'on peut dès lors, en tenant compte des bancs qui se trouvent au-dessus des affleurements, estimer à 1.200 mètres environ l'épaisseur totale du système jurassique supérieur de la région.

Ces calcaires sont traversés par des filons de diabase

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1813, p. 249.

(2) E. B. Dorsey, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1860, p. 107 et 197. — Mesta, *Ueber das Vorkommen d. Chlor. Brom., und Iod verbindungen in d. Natur*, Marburg, 1870.—Richter u. Hübner, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, 1876, t. XXIV, p. 230.

(*chorros*) qui forment aussi, entre les couches, des nappes d'injection. Les filons argentifères sont encaissés tantôt dans les calcaires, tantôt dans les diabases. Ils ne sont en général riches que dans la partie supérieure où ils ont les allures de systèmes de veines ; les uns disparaissent dans la profondeur, d'autres y continuent. Le filon le plus important est la *corrida colorada* qui a, près du jour, 10 mètres et, en profondeur, rarement moins d'un mètre de puissance. Près de la surface, le remplissage est une argile plastique ferrifère, avec oxyde de fer, calcite et barytine, contenant de la malachite, de l'argent natif, des chlorures, bromures et iodures d'argent (*metales calidos*, v. p. 106). Entre ces minerais se trouvent épars de petits fragments des sulfures qui apparaissent en profondeur et doivent être considérés comme les minéraux primitifs d'où dérivent les chlorures, bromures et iodures. De 66 à 162 mètres de profondeur, les minerais *calidos* disparaissent et sont remplacés par de l'argyrose, de la polybasite, de l'argent rouge, de la blende, de la galène, de l'arsenic et de la calcite (*metales frios*). La pyrite paraît y être rare.

Les parties riches sont en relation avec certains horizons stratigraphiques (*mantos*) et sont séparées les unes des autres par des massifs stériles. Le mineur chilien appelle *manto* toute couche de quelque nature qu'elle soit ; *mantos pintadores*, les couches qui sont par elles-mêmes métallifères ou à la traversée desquelles les filons s'enrichissent ; *mantos broceadores*, celles qui ne possèdent pas ces propriétés. Les couches favorables sont, soit des strates du terrain, soit des nappes de diabase ; celles-ci, d'après Moesta, sont métamorphisées au voisinage des filons et reprennent ensuite graduellement leurs caractères normaux.

Les *mantos* exercent dans le sens horizontal une influence enrichissante, tandis que les *chorros*, c'est-à-dire les vrais filons de diabase, exercent une action semblable

dans le sens vertical. C'est aux rencontres de deux de ces zones favorables que se trouvent ordinairement les minerais les plus riches. Elles ont été fréquentes surtout dans les parties supérieures, tandis qu'elles deviennent rares et peu puissantes en profondeur. Outre les filons nobles, on trouve encore des filons stériles ne contenant que des traces de minerai d'argent, parfois des minerais de cuivre et de cobalt, souvent des combinaisons de manganèse, du braunspath riche en fer et de la triplite.

A Caracoles (1), dans le désert d'Atacama, sur le territoire bolivien, les calcaires et marnes jurassiques supérieurs sont traversés par des porphyres quartzifères et des diabases compactes. Les filons y sont nombreux ; ils ont de 0^m,50 à 4 mètres de puissance, avec des salbandes nettes, sont groupés en faisceaux et sont surtout riches dans le porphyre. Ils contiennent de l'argent natif, des chlorures, bromures et iodures d'argent. On y trouve, en outre, dans les roches sédimentaires, de la galène argentifère. Les gangues varient d'un filon à l'autre. Quelques-uns contiennent de la calcite, du gypse, de la barytine, du jaspe, du porphyre altéré, des hydroxydes de fer et de manganèse ; d'autres, du quartz et de la barytine ; d'autres encore, des fragments de la roche encaissante, de la calcite et de la barytine ; quelques-uns de la barytine seule : ces derniers rentrent naturellement dans le type suivant.

Tous ces filons se distinguent par une richesse extraordinaire en chlorure, bromure et iodure d'argent ; les minerais s'y trouvent en plaques épaisses, en lamelles minces, en imprégnations dans les gangues et en revêtements cristallins sur les parois des fissures.

110. Type Halsbrück. — *Caractères : filons ayant les mêmes caractères essentiels que ceux du type précédent et*

(1) L. Eich, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1871, p. 133.

ne s'en distinguant que par la prédominance de la barytine.

De même qu'à Caracoles, on trouve à Arqueros (1), dans la province de Coquimbo (Chili), des filons argentifères et barytiques dans des calcaires jurassiques traversés par des éruptions porphyriques. Deux de ces filons ont été particulièrement productifs : la *Corrida de la Descubridora* et le *Cerro blanco*. Les minerais sont l'amalgame, l'argent natif, la discrase, la kerargyrite, l'argyrose, la smaltine, le cuivre gris, la phillipsite et la chalcopyrite.

Le type de cette catégorie se trouve dans les filons argentifères et barytiques qui traversent le gneiss gris de Freiberg (2) et dont le *Halsbrückner Spaat* offre le plus bel exemple. Ces filons, dont la puissance dépasse parfois 4 mètre, contiennent des zones symétriques de barytine, galène, blende, chalcopyrite, pyrite de fer et fluorine. Les géodes qui occupent le milieu du remplissage présentent les minerais ci-dessus, des minerais d'argent et des carbonates spatiques en cristaux. Parfois des fragments de remplissages plus anciens sont cimentés par des cristallisations plus récentes, très géodiques, des mêmes minéraux.

Les filons argentifères des schistes cristallins du *Sau-berg* (3), près d'Ehrenfriedersdorf, traversent les filons stannifères du même district (v. p. 250) et contiennent du quartz, de la barytine, de la fluorine, de l'argyrose, de l'argent rouge et des minerais de cuivre.

Quelques filons encaissés dans le gneiss du val de Munster (4), dans le sud de la Forêt-Noire, par exemple le filon *Teufelsgrunder*, contiennent, comme gangues dominantes, de la barytine, de la fluorine et, comme minerais, de la

(1) J. Domeyko, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1842, p. 603 et 613.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 8.

(3) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 26.

(4) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 177.

galène, de la blende, de l'argent natif et de l'argent rouge.

Deux systèmes de filons, l'un orienté du sud-ouest au nord-est, principalement barytique, l'autre orienté du nord au sud, principalement quartzeux, traversent les schistes cristallins de Hiendelaencina (1), à 18 lieues au nord-est de Madrid. Le plus important des filons barytiques est le *Santa-Cecilia* ou *Canto-Blanco*. Le remplissage est formé de barytine blanche avec inclusions d'argyrose. Comme gangues, on trouve encore du quartz et de la sidérose; comme minerais, de la freieslébénite, de la miargyrite, de l'argent rouge, de la galène, de la stibine, de l'argent natif, du chlorure et du bromure d'argent.

Les gîtes de l'Altai (2) offrent des caractères très particuliers; ils se divisent en deux districts : à l'ouest, celui de Smeinogorsk (Schlangenberg), au nord celui de Salair. D'après v. Cotta, les gîtes sont tous des filons, très souvent des filons-couches, présentant des ramifications, prenant fréquemment des formes irrégulières et de grandes puissances et passant ainsi à des amas filoniens. Ils se rencontrent surtout dans les roches siluriennes, dévoniennes et carbonifères, plus rarement dans les schistes cristallins, aux points où ces roches sont traversées par des éruptions de granite, porphyre et grünstein (augitophyre); on doit en conséquence supposer l'existence d'une relation entre les gîtes et les roches éruptives. Le remplissage principal consiste en barytine, quartz et sulfures métalliques, transformés à l'affleurement, jusqu'à une grande profondeur, en minerais oxydés qui ont été l'objet principal de l'exploitation. Les minerais sont principalement des minerais d'argent, toujours accompagnés d'or natif, de minerais de

(1) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 443.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1853, p. 138 et 153. — B. v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 237. — B. v. Cotta, *Der Altai*, Leipzig, 1871.

cuivre, de plomb et de zinc. Les minerais de cuivre prédominent dans quelques gîtes.

La mine la plus célèbre de l'Altaï est celle du *Schlangenberg*, près de Smeinogorsk, dont les environs consistent en roches schisteuses siluriennes et dévoniennes. Les couches y sont traversées par des filons de porphyre et de grüstein; ces derniers traversent également le gîte qui est parallèle à la stratification, mais qui présente les allures d'un amas fort irrégulier. Le mur est formé par un jaspe fossilifère, le toit par des phyllades et des quartzites. La barytine est fortement mélangée de quartz et les minerais y sont réunis en zones ou contenus en inclusions pulvérulentes souvent assez fines pour donner à la masse entière une couleur grise. On connaît au Schlangenberg les minéraux suivants : or natif, argent natif, cuivre natif, kërargyrite, argyrose, argent rouge, miargyrite, cuivre gris, chalcosine, chalcopyrite, azurite, malachite, galène, céruse, pyrite de fer, blende, cuprite, calamine, orpiment, quartz, barytine, withérite, calcaire concrétionné. Le gîte est connu sur une longueur de 340 mètres environ et a des puissances qui varient entre 2 et 95 mètres.

Dans le territoire de Montana (1) (États-Unis), on exploite aux mines de Flint-creek, à 10 milles au nord de Cable City, des filons-couches encaissés dans une dolomie qui repose sur des quartzites et des granites. Les filons contiennent du quartz et de la barytine, rarement de la calcite, de l'argent rouge, de la galène, du cuivre gris argentifère de l'argent natif. Les minerais forment de fines imprégnations et ne sont pas cristallisés.

111. Type Clausthal. — *Caractères : filons dans des roches sédimentaires d'âges divers, contenant principalement de la galène argentifère, de la blende, de la chalc-*

(1) J. L. Kleinschmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 98 et 185.

pyrite et de la pyrite de fer, avec gangue de quartz, calcite et sidérose dans les proportions les plus variées; la barytine et les autres minéraux y sont toujours subordonnés.

Nous avons déjà dit un mot plus haut (p. 40) des filons ramifiés qui traversent les talcschistes de Ruosina, dans les Alpes apuanaises; ils contiennent du quartz et des sulfures métalliques, parmi lesquels la galène argentifère joue un rôle considérable.

La même combinaison minérale se répète souvent dans des filons étendus, par exemple dans un filon de la gorge de Massa (1), dans le Valais (Suisse), qui traverse le gneiss à 1.270 mètres d'altitude et contient, dans une gangue quartzreuse, de la galène argentifère, de la chalcoppyrite homogène et de la chlorite.

On connaît dans le micaschiste des environs de la ville d'Albergaria Velha (2), en Portugal, deux filons dont la puissance atteint 2 mètres, qui renferment du quartz, de la dolomie, de la calcite, de la galène, de la blende, de la chalcoppyrite et de la pyrite de fer.

L'assise inférieure de l'étage supérieur des schistes cristallins de la Bukowine, composée de gneiss, micaschistes, phyllades et schistes amphiboliques, avec amas stratifiés de calcaire, contient près de Kirlibaba (3) des gîtes de galène que v. Cotta regarde comme des filons-couches. Le micaschiste y contient une masse de 80 mètres environ d'épaisseur d'un schiste noir, charbonneux, dans lequel sont intercalés, parallèlement à la stratification, des gîtes lenticulaires composés de quartz, de galène avec sidérose, de blende et d'un peu de pyrite. On trouve en outre dans le micaschiste un filon presque parallèle à la stratification,

1) L. R. Fellenberg, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1868, p. 746 (Compte-rendu.)

(2) Breithaupt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 73.

(3) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 263.

mais dans lequel les minéraux précités affectent parfois une disposition nettement symétrique. Cotta suppose que ce filon et d'autres analogues ont donné naissance à une imprégnation des schistes noirs, particulièrement aptes à être minéralisés.

Les filons de galène du Kupferberg, en Silésie (v. p. 271), contiennent du quartz, de la galène et de la chalcopryrite.

Les filons qui traversent les grauwackes schisteuses siluriennes de Poullaouen (1) et de Huelgoat, près de Morlaix, en Bretagne, ont le caractère de filons composés. Le filon de Poullaouen atteint des puissances de 50 mètres et contient comme minerai principal de la galène argentifère, un peu de blende, de la pyrite de fer et comme gangue dominante du quartz. Les minerais forment des colonnes métallifères de 80 à 100 mètres de largeur, plongeant sous des angles inégaux. Le filon de Huelgoat est plus régulier et plus riche en minéraux. Il contient parfois de l'argent natif et de la kérargyrite dans une gangue ocreuse rouge, et l'on pourrait dès lors le rattacher au type Bräunsdorf (n° 107), mais la galène argentifère y est le minerai principal et le quartz la gangue dominante.

C'est aussi au terrain silurien qu'appartiennent les filons quartzeux et plombifères du pays de Galles (2), de Mies (3), en Bohême, de Montevecchio, en Sardaigne. Ces districts contiennent déjà quelques filons que la présence de la barytine dans la gangue rapproche du type suivant ou y fait rentrer complètement.

Les filons de galène du massif des schistes rhénans se trouvent dans la grauwacke de Coblenz (dévonien inférieur) ; ils sont généralement parallèles ou presque parallèles à la stratification et désignés par suite sous le nom de

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 429.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 489.

(3) A. Rücker, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1867, p. 211.

filons-couches. On peut suivre sur 58 kilomètres, de Peterswald à Holzappel sur la Lahn, un système de filons qui traverse le Rhin près de Saint-Goar. Ce système atteint sa plus grande richesse près de Holzappel (1), et c'est aussi le point où il est le mieux connu. Les filons ont de 0^m,30 à 0^m,60 de puissance, rarement davantage; ils sont, dans l'ensemble, parallèles à la stratification, mais ils prennent parfois une inclinaison différente de celle des couches, généralement moindre. Ces parties faiblement inclinées sont appelées des *bancs* par le mineur de Holzappel.

Les filons ont des salbandes nettes, parfois accompagnées de miroirs, mais près des bancs, on constate des exceptions; la roche encaissante y pénètre dans les filons en apophyses particulières, arrondies et renflées. La gangue principale est du quartz associé à du jaspe. Les minerais les plus habituels sont la galène et la blende; le cuivre gris, la chalcopryrite, la sidérose, la barytine, la calcite, la dolomie, etc.; sont plus rares. La structure des filons est massive; la disposition zonée y est rare, les géodes presque inconnues. Les minerais forment des colonnes inclinées en diagonale sous des angles de 14 à 20°. Les filons sont habituellement accompagnés de phyllades talqueux, auxquels les mineurs ont donné le nom de *roche blanche*.

Le système de filons d'Ems (2) s'étend depuis Braubach, sur le Rhin, jusqu'à Dernbach, à l'ouest de Montaubaur, en traversant près d'Ems la vallée de la Lahn. Il est subordonné à une zone puissante de phyllades qui font partie de la grauwacke de Coblenz. Les filons principaux, presque parallèles à la stratification, sont stériles. Les minerais ne se trouvent que dans des fentes transversales interceptées par les filons principaux. Les remplissages se composent de

(1) Bauer, *Karsten's Archiv*. 1840, t. XV, p. 137.

(2) Bluhme, *Verhandl. d. naturh. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf.*, 24^e année, 1867, p. 104 (Verhandl).

FILONS DANS LES ROCHES SÉDIMENTAIRES

quartz, sidérose, galène et blende. On trouve à la mine *Friedrichsseggen*, près d'Oberlahnstein, des minerais salins, comme la céruse, la pyromorphite, etc., en cristaux magnifiques.

Parmi les nombreux filons des schistes rhénans (1), citons encore celui de la mine de plomb et de zinc d'*Altglück*, près d'Uckerath, aux environs du village de Bennerscheid, dans le cercle de Siegen, district de Cologne. Le filon est un système de veines (v. p. 42 et 44) dont la direction générale ne diffère que de 6° de la direction générale des couches encaissantes (h. 3 à 4). L'inclinaison est de 80° environ vers le nord-ouest; la puissance, difficile à indiquer exactement à cause de la présence de veines irrégulières, oscille entre 4, 10 et même 36 mètres; elle est en moyenne de 8 mètres. La zone minéralisée contient principalement des grauwackes et des grauwackes schisteuses, plus rarement des phyllades, passant parfois au voisinage des minerais à des argilophyres noires, puis des argiles plus ou moins plastiques avec grains de minerai. La gangue principale est le quartz; la calcite paraît manquer entièrement; la sidérose ne joue qu'un rôle secondaire. Les minerais dominants sont la galène et la blende, plus rarement les pyrites de fer et de cuivre. Vers le nord-est, le filon disparaît sous forme de fente stérile; vers le sud-ouest il est coupé par un filon de conglomérat trachytique de 112 mètres de puissance, contenant, dans une pâte trachytique, des fragments de trachyte, de grès à lignite, de lignite et des minerais de plomb et de zinc, phénomène extrêmement intéressant qui ne se reproduit sur aucun autre point du Siebengebirg, bien que dans plusieurs localités des filons métallifères s'y trouvent au contact de conglomérats et de tufs basaltiques et trachytiques.

(1) Mosler, *Zeitschr. f. d. Berg. Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, t. XIII, 1865, p. 229.

Le type de filons quartzeux et plombifères se trouve dans le champ de fracture du plateau de Clausthal (1), dans la partie nord-ouest de l'Oberhartz. Les filons de ce district sont des filons transversaux composés : ils traversent, en les rejetant, les couches du culm et du terrain dévonien. L'existence d'un rejet de la roche encaissante, de

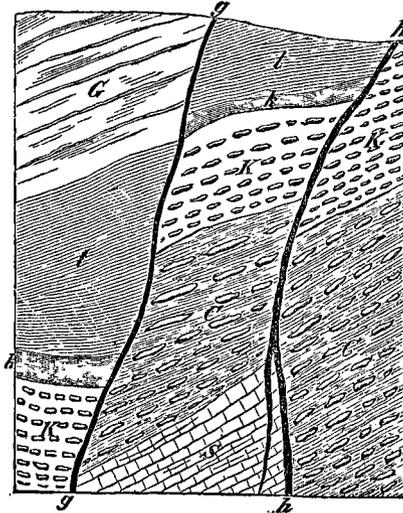


Fig. 76. — Coupe passant par le puits Johann Friedrich, à Bockswiese, d'après v. Groddeck.

S, grès à spirifères; C, schistes à calcéoles et schistes de Goslar; K, calcaire Kramenzel; k, schiste siliceux; t, phyllade du culm; G, grauwacke du culm; hh, filon principal; gg, filon Grünlindner.

200 mètres environ d'amplitude est démontré (v. p. 45), à Bockswiese et à Lautenthal, où les filons ont pour mur le terrain dévonien, pour toit les couches du culm ; des rejets analogues se manifestent aussi dans les couches du culm,

(1) v. Groddeck, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1866, t. XVIII, p. 693 et 1877, t. XXIX, p. 440. — *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, 1873, t. XXI, p. 1. — B. Rösing, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, t. XXV, 1877, p. 280.

malgré leur extrême uniformité, par des différences locales dans les roches qui forment les deux épontes des filons (v. p. 46).

Les filons sont groupés en faisceaux dont l'ensemble orme un système rayonnant qui part de la partie supérieure de la vallée de Kellwasser, au-dessous du Brocken, et s'élargit vers l'ouest (v. p. 52). On distingue dans cet ensemble trois faisceaux principaux. Celui du sud, dont la direction générale est h. 7, comprend le système du Silbernaal, ceux de Burgstadt et de Rosenhof réunis et celui du Schulthal. Le faisceau moyen comprend le système de Lautenthal-Hahnenkleer et celui de Bockswiese-Festenburg-Schulenberg, dont la direction générale est h. 9. Le faisceau de l'est est formé par un filon à peine attaqué, courant h. 12, auquel nous avons déjà fait allusion plus haut, p. 46.

Entre ces faisceaux principaux et à côté d'eux, surtout dans l'intervalle compris entre les deux premiers, se trouvent encore quelques autres systèmes de filons, parmi lesquels il convient de citer celui de Zellerfeld, celui de Herzberg et celui de Hütschenthal-Spiegelthal. Les filons métallifères, tous nettement transversaux, sont déviés par deux failles stériles (*fausse ruschel* et *filon Charlotte*), qui sont presque parallèles à la stratification (h. 3 à 5).

Les filons ont généralement une salbande bien accusée au mur, tandis qu'au toit ils se confondent avec la roche encaissante par des ramifications et atteignent souvent des puissances de 40 mètres et plus ; leur inclinaison est généralement forte et dirigée vers le sud et le sud-ouest, rarement vers le nord ou l'est. Le remplissage est formé principalement de fragments de la roche encaissante, grauwacke et phyllade, plus ou moins altérés, et de phyllade noir et brillant (*gangthonschiefer*). Entre ces roches se trouvent les gangues et minerais sous forme d'imprégnations et de veines ; les brèches filoniennes sont aussi très répandues.

Les gangues sont le quartz, la sidérose, la calcite et la barytine ; les minerais principaux, la galène argentifère, la blende et la chalcopryrite (v. p. 101). Ces minéraux, auxquels viennent parfois s'en ajouter d'autres comme le braunspath, la pyrite de fer, la marcasite, le cuivre gris, la bournonite, la jamesonite, etc., sont répartis très irrégulièrement dans les filons. Quelques filons en effet sont caractérisés par la prédominance des gangues quartzzeuses et de la galène (filon principal de Zellerfeld), d'autres par le quartz, la calcite, la galène et la blende (système de Burgstadt) ; parfois aussi c'est la chalcopryrite avec calcite et quartz (mine Charlotte) ou la blende (Lautenthal), qui est le minerai principal. Généralement la blende augmente beaucoup en profondeur.

Parmi les gangues, le quartz et la sidérose se trouvent partout, la calcite et la barytine sont au contraire en général isolées et l'on peut à cet égard distinguer les filons de la région nord-est, à gangue calcaire, et ceux de la région sud-ouest, à gangue barytique. Ces derniers ne se trouvent que dans les systèmes de filons du sud (Silbernaal et Rosenhof) et dans les filons à l'ouest de l'Innerste ; ils appartiennent réellement au type suivant.

Les parties riches affectent des formes très variées. Les plus fréquentes sont des colonnes inclinées plongeant vers l'ouest, plus rarement des colonnes droites. On ne trouve dans tout le district presque aucun croisement, mais les bifurcations y sont fréquentes et c'est ordinairement aux bifurcations des filons importants que se trouvent les zones les plus riches. On n'a observé en aucun point une influence appréciable de la roche encaissante sur la minéralisation.

112. Type Aveyron. — *Caractères : filons ayant les mêmes caractères essentiels que ceux du type précédent et ne s'en distinguant que par la prédominance de la barytine.*

Un district classique pour l'étude des relations entre les filons métallifères et les roches éruptives est celui de l'Aveyron (1), entre le Lot et le Tarn, en France, où Fournet le premier a mis ces relations en évidence (2).

Tout en ne pouvant admettre la théorie de Fournet d'après laquelle les filons métallifères auraient été remplis par des injections plutoniques, on n'en doit pas moins reconnaître comme incontestables les relations établies par lui entre les éruptions de roches et la formation des filons métallifères. On trouve dans le bassin de l'Aveyron des schistes cristallins, gneiss, micaschistes, talcschistes, etc., traversés par des granites, des diorites, des serpentines et des porphyres quartzifères. Les schistes cristallins qui parfois sont recouverts par des lambeaux de terrain houiller, jurassique ou tertiaire, ne contiennent de filons qu'au voisinage des roches éruptives; une partie des filons pénètre d'ailleurs dans ces roches. Les filons plombeux et argentifères sont en relation avec les porphyres quartzifères, les filons de cuivre sont subordonnés aux roches amphiboliques et aux serpentines. Les filons plombeux et argentifères de Villefranche, Najac, Aspières, Corbières, etc. contiennent comme éléments essentiels du quartz saccharoïde, de la barytine et de la galène argentifère et, accessoirement, de la bournonite, de la chalcopryrite, du mispickel, des minerais de nickel et d'antimoine et des carbonates.

Les filons de Vialas (3), près de Villefort, dans le département de la Lozère, traversent des micaschistes qui en-

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 241. — Voir aussi Boisse, *Ann. des Mines*, 5^e série, t. II, 1852, p. 467 (*N. du trad.*).

(2) Fournet, *Les filons métallifères et leurs relations avec les roches éruptives*.

(3) Marrot, *Ann. des Mines*, 1^{re} série, t. VIII et IX, 1823 et 1824. — Lan, *Ann. des Mines*, 5^e série, t. VI, 1854. — Rivot, *Ann. des Mines*, 6^e série, t. IV, 1863, p. 309. (*N. du trad.*). — J. Strüver, *Neues Jahrb. f. Mineral.*; 1871, p. 753 (*Compte-rendu.*)

turent le granite, ont des salbandes de schiste tendre, argileux, et contiennent, avec beaucoup de fragments de micaschiste, de la galène argentifère, de la pyrite de fer, de la chalcopryrite, de la blende, de la barytine, de la calcite et du quartz.

Ce type est brillamment représenté en Espagne dans la Sierra-Almagrera (1) ; cette chaîne, formée de phyllade et de micaschiste, longe la côte de la Méditerranée, dans la partie nord-est de la province d'Almeria, près de la limite de celle de Murcie. Les filons exploitables sont peu nombreux, mais l'un d'eux, le filon *Jaroso*, est célèbre par sa richesse. Le remplissage de ce filon consiste en barytine, sidérose, quartz, rarement calcite, hématite rouge et brune, galène argentifère, pyrite de fer et chalcopryrite. Il se distingue par une magnifique disposition zonée et symétrique des éléments et par la fréquence de beaucoup de minéraux en beaux cristaux.

Quelques-uns des filons qui traversent le gneiss du val de Munster, dans la Forêt-Noire, par exemple le filon *Schindler*, puis les filons de l'Eulengebirg (2), en Silésie, également encaissés dans le gneiss, et divers autres appartiennent au même type. Beaucoup de ces filons contiennent, indépendamment de la barytine, une quantité considérable de fluorine.

On trouve enfin, non sans étonnement, à Massetano, en Toscane, des filons de quartz, fluorine, barytine, galène, cuivre gris, pyrite de fer, dans la craie, peut-être même dans des couches appartenant au terrain éocène.

113. Type Moschellandsberg. — *Caractères: filons de cinabre dans des roches sédimentaires.*

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 446. — J. G. Klemm, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 383.

(2) B. R. Förster, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1865, p. 291.

Les gîtes de mercure du Palatinat (1), parmi lesquels ceux du Lansdberg, près de Moschel, sont très connus, sont encaissés dans des schistes gris, jaspes et conglomérats du terrain permien inférieur, puis dans des mélaphyres et porphyres qui ont traversé les terrains sédimentaires. Ces gîtes se composent de filons et de roches imprégnées : des fentes tapissées ou des veines remplies de minerai se trouvent tantôt au toit, tantôt au mur, tantôt aux deux épontes des filons et jusqu'à une distance de plusieurs mètres des salbandes. Les grès et porphyres sont ainsi imprégnés de minerai même en des points qui n'ont aucune relation visible avec des fentes caractérisées. On trouve au voisinage des filons et là seulement des argilophyres et des jaspes d'un facies tout particulier, inconnus dans le reste de la région ; ces roches passant graduellement aux phyllades et aux grès ordinaires, on peut supposer qu'elles en proviennent par une décomposition dont les filons eux-mêmes auraient été les agents.

Partout où se rencontrent ces argilophyres et ces jaspes, les filons ne sont minéralisés qu'à leur traversée et deviennent stériles en passant dans les roches ordinaires ; mais ces dernières sont loin d'être toujours stériles. Les grès et les conglomérats renferment en effet beaucoup de minerai, tandis que les phyllades n'en contiennent jamais, si ce n'est à Munsterappel, sous forme d'enduits de cinabre sur des empreintes de poissons (*amblypterus minutus*, etc.).

Le remplissage principal consiste en une argile avec fines inclusions de cinabre en veinules, en cordons, en enduits ou en cristaux dans de petites géodes. On y trouve, outre le cinabre, du mercure natif, de l'amalgame, du calomel et comme rareté, seulement dans le *filon noir* du Landsberg, de l'hermésite ; les minerais proprement dits sont accom-

(1) v. Dechen, *Karsten's Archiv.*, t. XXII, 1848, p. 375.

pagnés de pyrite, parfois argentifère, d'hématite brune ou rouge, d'oligiste, de sidérose, de galène, de cuivre gris, de chalcoppyrite, de stibine, de pyrolusite et de psilomélane. Les gangues ne jouent jamais dans ces filons qu'un rôle très secondaire ; elles se rencontrent en veinules minces ou comme dernière formation dans des géodes et sur des parois de fentes : elles consistent en calcite, barytine, quartz, jaspe, quartz rubigineux rouge ou jaune et calcédoine. Un fait remarquable est la présence dans les gîtes de bitume et d'asphalte.

Les filons ont été très riches près de la surface, mais ils se sont appauvris à une faible profondeur et les mines de Potsberg, du Stahlberg, du Landsberg, de Mörsfeld n'ont pu descendre à plus de 200 mètres.

Ils forment des groupes distincts, composés chacun de quelques filons rapprochés et parallèles. La longueur du filon Gottesgabe, au Landsberg, est de 900 mètres ; celle des filons de Mörsfeld est de 400 mètres environ ; celle des autres ne dépasse guère 200 mètres. Plusieurs de ces groupes s'alignent aussi en formant des systèmes de 11 à 12 kilomètres de longueur et de directions variées. On ne peut établir aucune relation entre les groupes ou systèmes de filons et les roches éruptives.

Dans la chaîne côtière de Californie, des couches crétacées sont, d'après Whitney, traversées et métamorphosées par des roches éruptives. Les principaux gîtes de mercure de Californie (1) se trouvent au voisinage de grands massifs de serpentine ou dans la serpentine même : ce sont ou des imprégnations ayant la forme d'amas ou de véritables filons.

(1) J. D. Whitney, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1866, p. 612 (Compte-rendu. Sieveking, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1876, p. 45.

Voir aussi Rolland, *Ann. des Mines*, 7^e série, 1878, t. XIV, p. 384 (N. du traducteur).

Les terrains sédimentaires imprégnés de cinabre de Ripa (1), dans le duché de Modène et de Vallalta (2), dans les Alpes de Vénétie, appartiennent probablement au même type.

§ II. — REMPLISSAGES DE GROTTES

On trouve souvent, à côté des filons et des joints qui traversent les calcaires et les dolomies, des cavités provenant d'érosions et renfermant des dépôts de minéraux. Dans certains cas, la formation de ces cavités a été accompagnée d'une transformation de la roche.

L'ouverture des cavités, leur remplissage et le changement de nature de la roche sont des phénomènes très différents, faciles à distinguer les uns des autres ; mais ils ont été contemporains bien plus souvent que successifs, et dès lors, il est convenable d'étudier simultanément les gîtes auxquels ils ont donné naissance (v. p. 108). Ce sera l'objet du chapitre suivant.

(1) G. v. Rath, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVII, 1865, p. 281.

(2) G. v. Rath, *ibid.*, t. XVI, 1864, p. 121.

CHAPITRE IV

Remplissages de grottes et gîtes métamorphiques.

(v. n° 10, p. 13 et n° 54, p. 108.)

114. Type Rio Cares. — *Caractères : grottes remplies de minerais de cuivre, cobalt, nickel et argent, de quartz, barytine, etc., dans des calcaires de diverses formations.*

Nous avons déjà cité plus haut quelques gîtes appartenant à ce type, comme les filons cuivreux de Tatatila, au Mexique (v. p. 284); les gîtes du Kleinkogl (v. p. 266), au moins en partie, en ont également les caractères.

On trouve dans un banc de calcaire très dolomitique, celluleux, de couleur foncée, appartenant à la formation carbonifère du nord de l'Espagne, dans le bassin du Rio Cares (1), affluent du Deva, au nord des *Picos de Europa* (Asturies), « une veine de minerai de cuivre généralement étroite qui, de distance en distance, suivant la direction et suivant l'inclinaison, devient plus puissante et s'ouvre fréquemment en formant des grottes géodiques dont les parois sont tapissées de minerais de cuivre, tels que la malachite, l'azurite, un peu de phillipsite. L'intérieur de ces géodes est remplie en partie par une terre fine, jaune, dolomitique dans laquelle on a trouvé des ossements de mammifères

(1) W. Köhler, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 256.

(mammouths) et d'oiseaux ». A 1.500 mètres plus à l'ouest, probablement dans la même couche, les minerais de cuivre sont accompagnés de minerais de cobalt et de nickel (cobalt oxydé noir, érythrine, nickéline, annabergite). Il semble que les minerais aient fait à l'origine partie intégrante des calcaires et que leur dépôt dans les grottes soit un phénomène très récent, dont la présence des ossements permet de présumer l'âge géologique.

La dolomie du district de Réveille (1), en Nevada, à 130 milles environ au sud-sud-est d'Austin, renferme une infinité de dépôts métallifères irréguliers affectant la forme d'amas. Ils consistent en quartz blanc, tantôt compacte et finement cristallin, tantôt radié et bacillaire, contenant de la chalcosine, de l'argyrose, plus rarement de la stibine et, comme produits de décomposition, de l'argent natif, de la kërargyrite et de la malachite. Il est remarquable qu'on n'y trouve jamais de pyrite de fer, de chalcopyrite, de blende ni de galène. La dolomie est traversée par des porphyres et des trachytes ; la présence des minerais s'explique aisément, si l'on admet que les cavités si fréquentes dans les dolomies ont été remplies de quartz et de minerai par des sources minérales contemporaines de la venue au jour des roches éruptives.

115. Type Raibl. — *Caractères : gîtes plombifères et zincifères en relation avec des calcaires ou des dolomies des âges les plus divers. Ils contiennent de la galène pauvre en argent, de la blende ordinairement testacée, rarement cristalline, et de la calamine, généralement accompagnée d'hématite brune, en proportions très variables : tantôt l'un de ces minerais est seul ou nettement prédominant, tantôt les différentes espèces sont mélangées. La pyrite de*

(1) Ch. A. Stetefeld, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 87.

fer y est assez fréquente ; la chalcopryrite et les autres minéraux y sont relativement rares.

La galène et la blende se trouvent soit en croûtes tapisant les parois de grottes, soit en fragments enveloppés d'argile ou d'oxyde de fer, soit, surtout vers la profondeur, en assises ou bancs parallèles à la stratification, soit enfin en inclusions dans le calcaire, sous forme de cristaux, de grains, de veines, etc. La calamine et l'hématite brune sont toujours des pseudomorphoses de calcaire ou de dolomie.

Les gîtes ont des allures très irrégulières et, comme l'a montré le premier Poszepny, dont les recherches sur Raibl ont ouvert à cette partie de la science une voie nouvelle, ils ne peuvent en général être rapportés ni aux filons, ni aux amas stratifiés ; ils se trouvent de préférence aux limites des calcaires et des schistes ; quelquefois, mais pas toujours, leur présence est liée à celle de failles, de véritables filons ou de grottes irrégulièrement disséminées dans les calcaires (Angleterre) ; enfin ils remplissent des cavités superficielles dans des calcaires à surface ondulée et sont alors recouverts par des sables et des argiles plus récents, tertiaires ou diluviens.

Les schistes cristallins renferment des gîtes de cette catégorie dans la montagne du Laurium (1), à la pointe sud-est de l'Attique, déjà célèbre dans l'antiquité par ses exploitations de mines. Cette montagne est formée de micaschistes et de phyllades primitifs avec intercalations puissantes de calcaires saccharoïdes et pointements subordonnés de granite, de porphyre et de grüenstein. Les gîtes s'étendent sur une surface de 250 kilomètres carrés : ce sont soit des filons dans le schiste, soit des amas stratifiés au contact du schiste et du calcaire, soit des amas irré-

(1) Cordella, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1869, p. 209. (Compte-rendu). — Baldauf, *ibid*, 1871, p. 318. — Nasse, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinew. im preuss. Staat*, t. XXI, 1873, p. 12.

guliers dans le calcaire. Le remplissage principal est une hématite brune riche en manganèse et en zinc, avec inclusions d'ocre jaune compacte, plus rarement de sidérose, d'hématite rouge ou de quartz rubigineux. L'hématite brune contient des imprégnations, des cordons isolés et des veines de galène et de céruse, de blende noire ou brune et de calamine compacte brune jaunâtre. On y trouve les espèces minérales suivantes : calcite, arragonite, braunspath, quartz, fluorine, halloysite, allophane, mimétite, pyromorphite, chalcopryrite, malachite, azurite, cuprite, adamine, olivénite, arséniosidérite, buratite, annabergite, pyrolusite et psilomélane.

Dans le district minier de Nertschinsk (1), dans la Sibérie orientale, des calcaires cristallins qui alternent dans le voisinage du granite et du gneiss avec des grès passant aux grauwackes sont traversés par des filons irréguliers qui s'épanouissent sous forme d'amas irréguliers au voisinage des surfaces de contact des roches. Le remplissage consiste en quartz plus ou moins poreux, calcite et limonite, avec inclusions de galène, cuivre gris, molybdénite, pyrite de fer, chalcopryrite et blende.

Les dolomies intercalées dans les phyllades, talcschistes et chloritoschistes de la Sierra de Gador (2), près d'Almería, en Espagne, contiennent de la galène en nids, en poches et en amas parallèles à la stratification. La galène est habituellement empâtée dans une argile jaune. Les gîtes plombo-calaminaires de Ruszkitza (3), dans le Banat, décrits par v. Cotta, paraissent rentrer dans la même catégorie.

116. *Suite du type Raibl.* — Les gîtes de ce type sont représentés sur une grande échelle dans le district plombi-

(1) Pischke, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1876, p. 898.

(2) Hausmann, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1850, p. 83, 102.

(3) v. Cotta, *Erzlagertätten*, II, p. 284.

rière du Haut-Mississipi (1); ils sont développés dans une dolomie de 75 mètres environ de puissance, appartenant au groupe infrasilurien de Trenton et s'étendent sur une surface de 140 milles géographiques carrés dans les états de Wisconsin, de l'Illinois et d'Iowa. Les gites sont des remplissages irréguliers de fentes et de grottes dans la

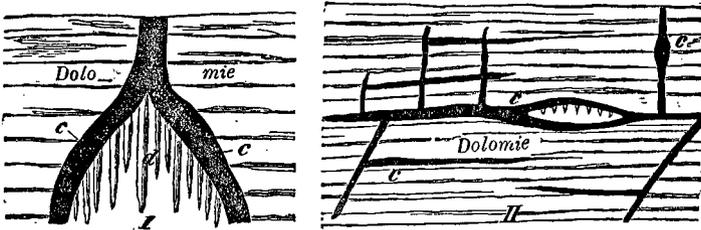


FIG. 77. — Remplissages de grottes dans la dolomie du Haut-Mississipi, d'après Whitney.

c, galène; *d*, stalactites calcaires.

dolomie (v. *fig.* 77). Whitney y établit les catégories suivantes :

1° *Flats* : ce sont des fentes étroites, de 0^m,07 environ de puissance et de faible étendue, remplies de galène pure, sans aucune gangue ni aucune substance étrangère. La roche n'est aucunement altérée à leur voisinage. Lorsque exceptionnellement elle est décomposée, la galène est accompagnée d'argile et de calcite, jamais de quartz.

2° *Crevice-openings* : élargissements locaux des *flats*, jusqu'à 0^m,30 au moins, remplis de galène enveloppée d'argile. De grands épanouissements, pouvant atteindre 6 mètres de largeur et 30 de longueur et ne se rencontrant que dans les niveaux supérieurs de la dolomie, sont appelés *pocket-openings* ou *cave-openings*. Ils donnent

(1) J. D. Whitney, *Rep. of a geol. Survey of the Upper Mississipi Lead Region*, Albany, 1862. — *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 310 (Comptendu.)

souvent naissance à des cavités imitant la forme de filons (cheminées) et contenant des stalactites de galène.

3° *Flat sheets* : ce sont de grandes cavités qui se rencontrent principalement vers la base de la dolomie et qui contiennent, outre la galène, de la blende, de la pyrite de fer, de la calcite et de la barytine. Les remplissages de ces cavités présentent souvent une disposition en couches et le sol y est couvert de débris de roches renfermant des fragments de minerai.

Les gîtes sont alignés suivant des directions parallèles et Whitney est parvenu à y distinguer 30 groupes différents. Le minerai principal est une galène très pure, pauvre en argent (teneur de 0,001 à 0,002 p. 100), généralement cristallisée en cubes. Elle est parfois accompagnée d'un peu de blende toujours associée à de la smithsonite à texture celluleuse, ressemblant à des os et appelée pour cette raison *dry bone* (os secs) par les mineurs. La pyrite de fer et la chalcopryrite y sont rares. L'hématite brune accompagne constamment les minerais de plomb et de zinc ; la calcite et la barytine se trouvent comme éléments subordonnés. On est frappé de constater l'absence complète du quartz et de toute combinaison du plomb avec l'arsenic ou le phosphore.

Un fait qui jette un jour précieux sur le mode de formation de ces gîtes est la découverte qu'on y a fait d'os d'éléphants imprégnés et cimentés par de la galène à grandes facettes, dans des filons venant affleurer à la surface.

Les calcaires infrasiluriens de l'Amérique du nord contiennent encore sur beaucoup d'autres points des gîtes de galène et de calamine appartenant au type de Raibl, par exemple dans le Missouri (1) et l'Arkansas, en Pensylvanie (2) et en Virginie (3).

(1) Kleinschmidt, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1867, p. 269.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1872, p. 51.

(3) H. Credner, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1866, p. 85.

C'est aussi dans des calcaires siluriens que se trouvent les gîtes plombo-zincifères de l'île de Sardaigne (1) qui ont leur principal développement et donnent lieu aux exploitations les plus importantes à Monteponi, près d'Iglesias. La galène remplit des espaces compris entre les bancs et se trouve soit au contact immédiat des calcaires, soit séparée d'eux par de l'oxyde de fer et de l'argile. La calamine, qui ne se rencontre pas avec la galène, forme des amas isolés dans le calcaire et présente nettement les caractères d'une pseudomorphose de la roche encaissante.

Les roches qui entourent les gîtes situés entre Brilon et Iserlohn, en Westphalie, appartiennent au terrain dévonien moyen. A Brilon (2), les calcaires dévoniens sont traversés par des fentes très irrégulières qui s'épanouissent parfois, sont remplies d'argile et contiennent de la calamine, de la galène (alquifoux), de la blende testacée et de la pyrite de fer, très souvent transformée en limonite. Le gisement est analogue à Iserlohn (3), où les minerais les plus riches se rencontrent toujours au contact du calcaire de l'Eifel avec les schistes de la Lenne sous-jacents. La calamine, accompagnée de galène, blende, pyrite de fer et calcite et enveloppée d'argile, remplit dans les calcaires des fentes irrégulières parallèles ou perpendiculaires à la stratification et formant dans leur ensemble un réseau. Les minerais se trouvent aussi en nids isolés au milieu du calcaire. Les dimensions des gîtes sont très variées, la puissance atteint de 14 à 22 mètres et la longueur de 80 à 100 mètres. La présence de fossiles transformés en calamine et de pseudomorphoses de calcite en calamine établit jusqu'à l'évidence la nature métamorphique des gîtes. Il

(1) Sella, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, 1872, t. XX, p. 24.

(2) Castendyck, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1850, p. 689.

(3) Trainer, *Verhandl. d. naturh. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf.* 1860, p. 261. — Gallus, *ibid.*, 1871, p. 63 (Correspond.).

est très intéressant de constater que la blende devient prédominante en profondeur et qu'elle joue un rôle analogue à celui de la calamine : on trouve en effet des coraux minéralisés par de la blende et des cristaux de blende pseudo-morphes de calcite.

Au contact des gîtes, les calcaires ont des formes arrondies caractéristiques : nulle part on ne peut y observer une arête ou un angle aigu ; les blocs et fragments de calcaire empâtés dans l'argile ont aussi des formes arrondies. La surface de la roche est friable, comme rongée, mais, à une faible distance de la surface, le calcaire redevient sain et cesse d'être altéré. Toutes ces circonstances indiquent l'action dissolvante et érosive de liquides aqueux. L'eau a travaillé, près de la surface ou dans les parties recouvertes par des roches meubles plus récentes, exactement comme elle l'a fait dans les fentes et les cassures des calcaires. Très souvent le calcaire de l'Eifel, dont la surface est devenue raboteuse et ondulée par l'action des érosions, est recouvert par des argiles et des sables tertiaires de faible épaisseur. Les minerais se rencontrent à la limite des deux formations, tantôt au contact immédiat du calcaire et dans les fentes qui le traversent, tantôt enveloppés dans des argiles : ils consistent en galène, blende testacée, calamine et pyrite de fer.

A Bergisch-Gladbach (1), on trouve dans le calcaire des entonnoirs dont les parois sont tapissées de calamine, contenant parfois des imprégnations de galène, sur une épaisseur qui peut atteindre 1^m,50. Les entonnoirs, qui ont jusqu'à 22 mètres de profondeur, sont remplis d'argiles oligocènes grises, plastiques, renfermant du lignite et, près de la limite des calcaires, des fragments de blende, de galène et de pyrite de fer. Ces fragments forment de véritables couches de 0^m,25 à 0^m,30 de puissance, contenant

(1) Huene, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1882, t. IV, 571.

aussi des lignites. N'oublions pas de dire qu'on a trouvé à Bergisch-Gladbach une croûte de gypse atteignant 5 centimètres de puissance à la séparation du calcaire et des argiles.

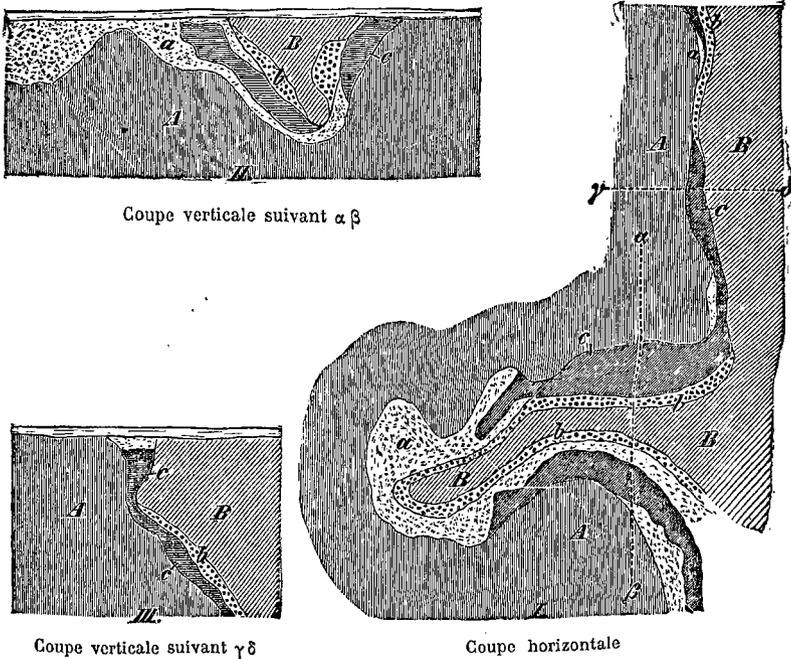
Entre Aix-la-Chapelle (1) et Philippeville, en Belgique, s'étend une zone de 150 kilomètres environ de longueur, qui contient beaucoup de gîtes plombo-calaminaires dans le calcaire dévonien supérieur et surtout dans le calcaire carbonifère. M. Braun y distingue des filons, des gîtes de contact (amas stratifiés ou couches) et des nids, mais il fait ressortir que, si variées que soient leurs formes et leurs relations avec la roche encaissante, un grand nombre de propriétés communes conduisent cependant à leur attribuer une origine commune. Tous ces gîtes ont la même composition essentielle : ils sont formés de calamine, blende testacée, galène, pyrite de fer et argile. Ils sont caractérisés par la présence de rognons de diverses dimensions composés de dépôts concentriques de blende et de galène et interstratifiés dans des masses argileuses. Les gîtes de contact, c'est-à-dire ceux qui se trouvent à la limite du calcaire dévonien ou carbonifère avec les schistes dévoniens ou houillers et les nids sont en relation avec des filons métallifères voisins ou tout au moins avec des fentes nettes, produisant des rejets très sensibles. Ces filons et ces fentes peuvent être regardés comme les canaux d'amenée du minerai.

Les filons qui ont une étendue suffisante sont stériles dans le terrain houiller, les grauwackes et les schistes ; ce n'est que dans le calcaire que quelques-uns d'entre eux sont riches en galène et en blende. Les filons du *Breiniger Berg*, près de Stolberg, en offrent un bel exemple : l'un d'eux est connu dans le bassin houiller de l'Inde à l'état de faille désignée sous le nom de *Münstergewand* (v. p. 24).

(1) M. Braun, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1857, t. IX, p. 354.

Les gîtes de contact sont particulièrement nombreux. Ils comprennent les gîtes de *la Malhune* et *du dos*, à Engis, près de Liège, l'amas stratifié de Welkenrädt, dans la concession de la Vieille-Montagne, près d'Aix-la-Chapelle, etc.

L'amas stratifié de Welkenrädt, représenté par la fi-



Coupe verticale suivant $\alpha\beta$

Coupe verticale suivant $\gamma\delta$

Coupe horizontale

Fig. 78. — Le gîte de Walkenrœdt, d'après M. Braun.

A, calcaire; B, schiste; a, argile à minéral de fer; b, schiste avec galène; c, calamine.

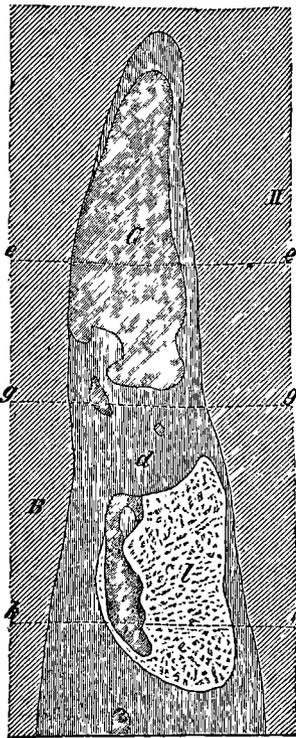
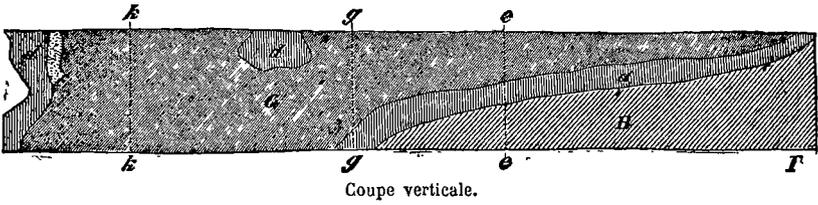
gure 78, s'étend sur plus de 240 mètres de longueur, entre le schiste houiller et le calcaire carbonifère. Il a, comme les couches encaissantes, une très forte inclinaison et participe à tous leurs contournements et à tous leurs plissements. La partie inférieure du gîte, au voisinage du calcaire, est de la calamine, tantôt homogène, géodique, lamellaire, testacée, tantôt terreuse, devenant ferrugineuse

près de la surface et passant à du minerai de fer ou à une masse argileuse avec inclusions d'hématite brune. La partie supérieure, qui confine au schiste, est formée d'une argile noire, contenant des rognons et des veines de sulfures métalliques, blende, galène et pyrite. Cette zone de sulfures métalliques du toit se prolonge beaucoup plus loin que la zone des calamines; elle forme le mur du terrain houiller sur 2.000 à 2.400 mètres et doit sans doute être regardée comme une couche (v. p. 135).

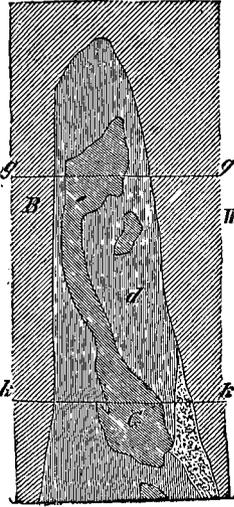
Le gîte de Philippeville, en Belgique, est sans doute aussi une couche. Une assise de calcaire dévonien contient des minerais à son contact avec les phyllades, sur 3 ou 4 kilomètres de longueur. Les minerais sont la galène et la blende : ils se présentent sous forme d'inclusions dans le calcaire. On y trouve aussi des imprégnations intéressantes de cristaux de blende rouges et de grains cristallins qu'un examen superficiel pourrait faire confondre avec des grenats (v. p. 86).

Le gîte de la Vieille-Montagne (Kelmisberg), appartient à un petit pli de calcaire carbonifère serré comme un coin au milieu de schistes dévoniens. La roche de ce fond de bateau est une dolomie contenant des masses très irrégulières de calamine et d'argile (v. *fig.* 79, I à VI). Pour donner une idée de l'étendue de ces masses de minerais, il nous suffira de dire que celle du nord mesurait 340.000 mètres cubes, et a produit 100.000 tonnes de calamine. Le minerai est formé surtout de calamine avec nodules de willémité : il ne contient que des traces de galène et de blende; la pyrite de fer n'y joue qu'un rôle secondaire. Près de la surface, la calamine contenait beaucoup de géodes renfermant de beaux cristaux de smithsonite, de calamine, de smithsonite ferrifère, de calcite, de willémité.

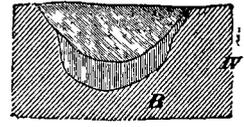
On rencontre des nids de minerais dans les environs de Stolberg, Vieille-Montagne, Corphalie, Engis, etc., tant



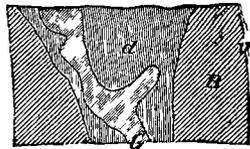
Coupe horizontale à 18 mètres de profondeur.



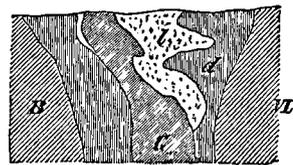
Coupe horizontale à 50 mètres de profondeur.



Coupe verticale suivant ee.



Coupe verticale suivant gg.



Coupe verticale suivant kk.

Fig. 79. — Le gîte de calamine de la Vieille-Montagne, près d'Aix-la-Chapelle, d'après M. Braun.

B, schiste; *d*, dolomie; *I*, argile; *G*, calamine.

dans le calcaire dévonien que dans le calcaire carbonifère, jamais dans les roches arénacées ou argileuses, mais, en général, seulement au voisinage des filons ou des gîtes de contact et souvent en relation directe avec eux.

Le calcaire carbonifère de la partie orientale des *Picos de Europa* (1), dans les districts d'Andara et d'Aliva, en Espagne, contient des gîtes de calamine très étendus, dont W. Köhler a donné une description. Le calcaire carbonifère est traversé sur une largeur d'environ 2 kilomètres et sur une longueur notable, par des fentes parallèles qui s'élargissent en formant des amas et sont reliées par de nombreuses fentes transversales. Il est dolomitisé au voisinage des gîtes. Les fentes ne sont pas toujours minéralisées; parfois elles sont restées vides, même en des points où elles s'épanouissent en donnant naissance à des grottes. La calamine, qui est l'élément principal du remplissage, se présente sous des aspects très variés : elle est tantôt blanche, compacte, botryoïdale ou stalactitique, tantôt grise, homogène et ne se distinguant du calcaire que par une texture fibreuse particulière et par sa densité. Dans les filons très blendeux, elle prend une couleur foncée et une texture celluleuse et contient des nodules de blende. Quelques variétés colorées en brun par du fer renferment de la malachite. On constate avec intérêt la présence accidentelle d'un peu de cinabre et d'oxyde rouge de plomb dans le minerai. Nous avons indiqué déjà que certains filons contiennent de la blende : celle-ci remplit aussi des veines très irrégulières dans le calcaire carbonifère et s'y trouve en outre sous forme de rognons isolés dont la grosseur varie depuis celle d'une noisette jusqu'à celle de la tête d'un homme. Le filon *Banco sin nombre*, près d'Andara, contient dans une argile dure des rognons de blende dont la surface est recouverte de cristaux discernables

(1) W. Köhler, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 217.

(dodécaèdres rhomboïdaux à angles arrondis; v. p. 89). Tout semble indiquer que, dans ce district, la calamine provient d'une décomposition de la blende. Des fragments recouverts de croûtes de calamine rencontrés dans les vieux travaux démontrent, d'ailleurs qu'elle se forme encore de nos jours dans les mêmes conditions.

Le calcaire carbonifère d'Angleterre (*metalliferous limestone*) est traversé, dans le Derbyshire et le Cumberland (1), par beaucoup de fentes dont De la Bèche a cherché à représenter l'allure par la figure schématique suivante (fig. 80).

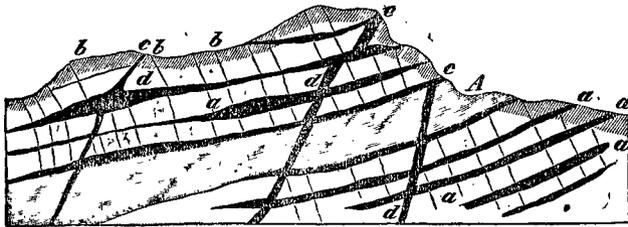


Fig. 80. — Représentation schématique des gîtes du Derbyshire, d'après De la Bèche.

A, rapp (toadstone); b, skirns; c, rake veins; d, pipe veins; a, flat veins.

Les véritables filons transversaux qui ont une importance prédominante, au point de vue de l'exploitation, sont appelés *rake-veins*. Ils donnent naissance à des dépôts irréguliers de minerais et de gangues, allongés parallèlement à la stratification et désignés par le nom de *pipe-veins*. On nomme *flat-veins* des dépôts de minerai peu puissants intercalés dans les joints de stratification : ce sont, comme les précédents, des filons-couches. Tous ces gîtes indistinctement sont remplis des mêmes minerais; il en est de même encore d'un grand nombre de fentes transversales étroites appelées *skirns*. On voit que les minerais

(1) v. Cotta, *Erzlagertstätten*, II, p. 494.

du metalliferous limestone ne sont pas contemporains du terrain encaissant : ils ont été amenés ultérieurement dans la roche fissurée.

Le minéral principal est la galène, rarement accompagnée de blende et de pyrites. Les gangues se composent de fluorine, de calcite et de barytine ; le quartz y est rare. Les gîtes contiennent en outre des remplissages pierreux formés de masses marneuses ou sableuses et de conglomérats (*dowky*), dans lesquels Ch. Moore a découvert des fossiles du calcaire carbonifère, du rhétien et du lias (v. n° 151). On trouve entre les couches du calcaire carbonifère des grünssteins amygdaloïdes (*toadstones*) ; on ne sait trop si l'on doit y voir des couches contemporaines du terrain ou des nappes injectées ultérieurement. Ces grünssteins offrent de l'intérêt parce que les filons, de 0^m,01 à 0^m,05 de puissance, s'y réduisent à des fentes étroites et stériles. On dit avoir remarqué aussi une influence de la roche encaissante sur la minéralisation dans les couches calcaires elles-mêmes.

Les calcaires et dolomies du zechstein contiennent beaucoup de gîtes importants de minéral de fer (v. n° 119) ; mais les minerais de plomb et de zinc n'y sont représentés que rarement. Citons comme exemple le calcaire permien à stratification généralement confuse, à texture celluleuse, à pâte chargée de silice et de dolomie du *Rochusberg* (1), près d'Ibbenbühren ; il contient des gîtes de minéral de fer, de calamine et de galène, avec mélange divers de chalcoppyrite, de malachite, de pyrite de fer, de quartz et de barytine.

117. *Suite du type Raibl.* — Les calcaires du trias renferment des gîtes de plomb et de zinc nombreux et très importants. Les plus intéressants sont ceux des Alpes,

(1) Drassdo, *Berg u. Hüttem. Zeitung*, 1866, p. 32.

dont les mieux connus sont ceux de Raibl (3), en Carinthie, grâce aux excellentes descriptions de Poszepny. Les couches du trias supérieur y reposent les unes sur les autres en stratification concordante, avec une faible inclinaison vers le sud, dans l'ordre de succession suivant : en bas, les *tufs de Kaltwasser*, puis le *calcaire métallifère*, ayant pour toit les *couches de Raibl* et, à la partie supérieure, la *dolomie principale*. Des failles nord-sud (feuillettes) y produisent des rejets de 40 à 60 mètres, dont des vallées, appelées *klamme*, marquent la trace à la surface du sol. Les minerais se trouvent dans le calcaire métallifère à côté des failles, principalement au toit du calcaire, près de son contact avec les couches schisteuses de Raibl et parfois encore dans ces dernières. La dénomination de calcaire métallifère est surtout stratigraphique, car le système complexe de couches que l'on désigne sous ce nom et dont la puissance est de 1.000 mètres environ comprend des calcaires, des calschistes, des dolomies et des schistes dolomitiques. Les couches de Raibl qui en forment le toit (schistes du toit) sont formées de schistes marneux et argileux.

Les gîtes de galène et de blende sont distincts, à Raibl, des gîtes de calamine; ceux-ci se rencontrent dans le calcaire, ceux-là à un niveau un peu supérieur, dans la dolomie voisine des schistes du toit. Ils remplissent dans cette dolomie et dans les schistes dolomitiques des cavités bien nettes, tantôt au voisinage immédiat des failles (*fig. 81*), tantôt un peu plus loin et ont des formes très irrégulières. Ils contiennent toujours de la galène cristalline, de la blende testacée, de la pyrite de fer et de la dolomie en croûtes concentriques parallèles aux parois des cavités. La dolomie, qui se présente en zones isolées entre la galène et la blende, est ordinairement la formation la plus récente et

(2) F. Poszepny, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1873, t. XXIII, p. 317.

occupe le milieu de la cavité ; on connaît cependant aussi des cas où le remplissage s'est terminé par un dépôt de blende. La barytine est rare ; elle ne forme jamais des

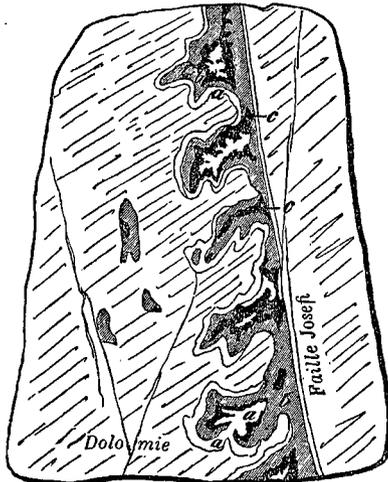


Fig. 81. — Remplissages de grottes à Raibl, d'après Poszepny.
a, dolomie spathique ; b, blende ; c, galène.

zones entières, mais seulement des agrégats de cristaux dans les géodes de la dolomie. Aux points où se sont produites des décompositions, on voit apparaître la calcite, la smithsonite et la céruse. Les stalactites de galène et de blende (minerais tubulaires, v. p. 83), très exactement décrites par F. Poszepny, offrent un haut intérêt parce qu'elles démontrent d'une manière très satisfaisante que le remplissage a été opéré par la circulation de solutions métalliques.

Les gîtes calaminaires diffèrent essentiellement des précédents ; rien n'y indique des remplissages de cavités, tout au contraire, des pseudomorphoses de calcaire. La transformation suit les fentes (v. *fig.* 82) et pénètre plus ou moins profondément dans la roche : celle-ci disparaît

entièrement ou laisse des traces dans le minerai sous forme de noyaux pierreux. On reconnaît dans la calamine certaines particularités de texture du calcaire, par exemple la texture celluleuse. Les calcaires celluleux ou cargneules (*rauchwacke* de Poszepny) sont fréquents au voisinage des gîtes de calamine. Ils consistent en un squelette de lamelles calcaires minces et planes, entre lesquelles la roche a disparu en totalité ou en partie, ou dans les intervalles desquelles elle se trouve sous forme de fragments

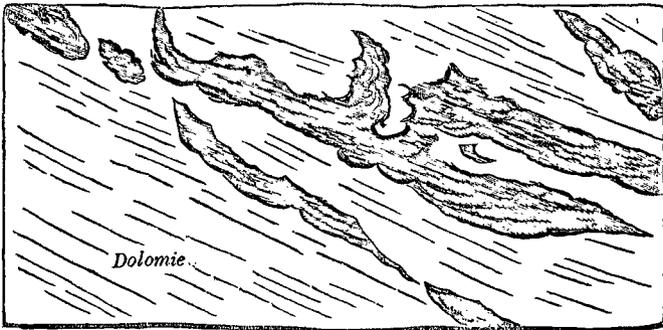


Fig. 82. — Gîtes de calamine à Raibl, d'après Poszepny.

ou de poussière. Les lamelles sont simplement le remplissage difficilement altérable d'un système de fissures dans un calcaire plus altérable. Cette texture remarquable se retrouve dans diverses calamines cavernueuses, sur l'origine desquelles elle ne laisse subsister aucun doute. Les parois des cellules de la cargneulé sont transformées en calamine et couvertes de dépôts calaminaires botryoïdaux, les cellules elles-mêmes sont remplies d'une limonite zincifère et terreuse (*moth*).

La calamine de Raibl est formée principalement de carbonate de zinc anhydre (calamine rouge), plus rarement de carbonate hydraté (calamine blanche) et très rarement de silicate. On y trouve partout des mélanges d'hydroxydes

de fer et de manganèse et, lorsque le fer devient prédominant, la calamine passe à de l'hématite brune : ce dernier minéral caractérise l'affleurement du gîte. Des masses terreuses de fer oxydé hydraté zincifère et manganésifère (*moth* noir, rouge ou jaune) et des argiles plastiques ocreuses, jaunes, verdâtres ou brunes remplissent les cellules de formes variées de la calamine caverneuse.

On connaît dans les Alpes deux groupes de gîtes plombozincifères analogues à celui de Raibl et appartenant comme lui aux calcaires triasiques. Poszepny en a donné (*loc. cit.*) une description accompagnée d'indications bibliographiques. L'un des groupes fait partie des Alpes méridionales; il s'étend sur 225 kilomètres environ à travers la Carinthie, la Styrie, la Carniole et la Croatie et comprend les exploitations de Greifenburg, du Bleiberg allemand, de Villach, de Klaggenfurth, etc. L'autre se montre dans les Alpes septentrionales, dans le Tyrol bavarois; il peut être observé sur 90 kilomètres de longueur en passant par Nasserreit, Innsbruck, etc. (1).

Dans la Haute-Silésie et dans les parties voisines de la Pologne, ce ne sont pas, comme dans les Alpes, les cal-

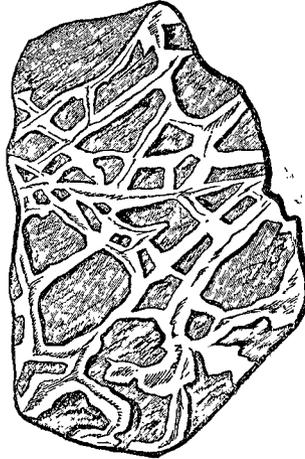


Fig. 83.

Calamine celluleuse de Raibl,
d'après Poszepny.

(1) Krug von Nidda, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. II, 1850, p. 206. — v. Carnall, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinew. im preuss. Staat*, t. I, 1853, p. 3. — Websky, *Zeitschrift d. d. geol. Gesellsch.* t. IX, 1857, p. 7. — Runge et F. Römer, *Geologie von Oberschlesien*, 1870, p. 545 et 556. — Pietsch, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinew. im preuss. Staat*, t. XXI, 1873, p. 292.

caires du trias supérieur (Keuper), mais les couches du muschelkalk inférieur qui renferment les gîtes de plomb et de zinc. On a distingué dans le muschelkalk inférieur de la Haute-Silésie trois étages, dont un seul, celui du milieu, est métallifère. Il est formé par le *calcaire du mur* ou *calcaire bleu* (*Sohlenkalkstein* ou *Blausohlenstein*), sur lequel repose une assise dolomitique. A leur séparation et dans les

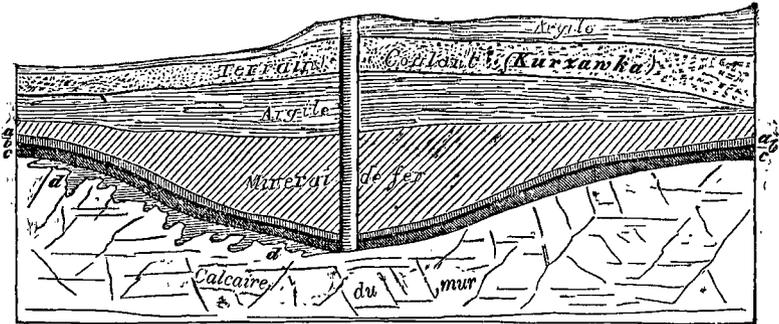


Fig. 84. — Gîtes de minerais de fer, plomb et zinc de la Haute-Silésie, d'après Sage.

a, dolomie; b, assise plombifère; c, calamine rouge; d, calamine blanche.

couches inférieures de la dolomie se trouvent la plupart des gîtes métallifères de la région, savoir : des gîtes de minerai de fer, de calamine, de galène et de blende.

Deux fonds de bateau faiblement inclinés appellent l'attention. L'un s'étend sur une largeur de 2 à 4 kilomètres et une longueur de 22 kilomètres environ dans la direction du sud-ouest, depuis Miechowitz, près de Beuthen, jusqu'à Czeladz et Bendzin, en Pologne; il contient les gîtes de zinc les plus nombreux et les plus importants de la Haute-Silésie, reposant toujours sur le calcaire du mur, en remplissant des cuvettes et y pénétrant parfois aussi dans des fentes, mais sans jamais y descendre à une grande profondeur (v. *fig.* 84 et 85). A l'affleurement des flancs du fond de bateau, les minerais sont quelquefois

directement recouverts par des couches miocènes d'argile et de sable; en profondeur, ils ont la dolomie pour toit ou en sont complètement entourés.

On a reconnu que le minerai de fer dominait près de l'affleurement: plus bas, c'est la calamine qui joue le principal rôle et, plus bas encore, la galène augmente et la blende compacte apparaît en quantité suffisante pour occuper parfois, seule, le gîte presque entier. Le minerai

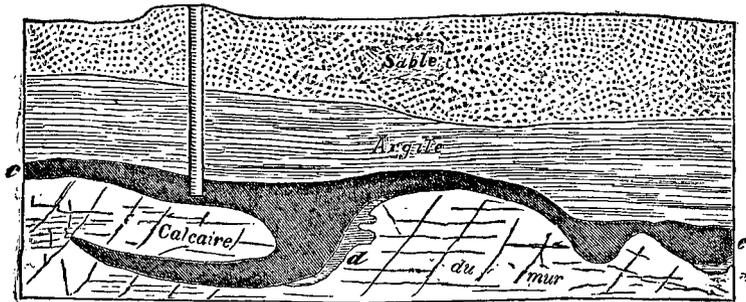


Fig. 85. — Gîte calaminaire de la Haute-Silésie, d'après Sage.

c, calamine rouge; *a*, calamine blanche.

de fer est toujours de l'hématite brune; la calamine consiste principalement en carbonate de zinc; le silicate y est subordonné; l'un et l'autre sont rarement purs et cristallisés: ordinairement ils sont mélangés de limonite d'argile, de calcaire ou de dolomie. On peut, d'après ces mélanges, distinguer les minerais suivants: limonite zincifère, dolomie ferrugineuse et zincifère (calamine rouge), argile zincifère (calamine argileuse) et calcaire du mur zincifère (calamine blanche).

La calamine blanche se trouve habituellement au contact immédiat du calcaire du mur. Les bancs supérieurs de ce calcaire sont dissous et transformés en une argile d'un jaune sale dans laquelle la calamine blanche forme des cordons, des lits, ou des fragments isolés des formes les plus

variées. On y rencontre des masses noduleuses, arrondies, aplaties et souvent aussi celluleuses. L'argile contient parfois, à côté de la calamine, de la sphérosidérite, de la céruse, de la pyromorphite et des pseudomorphoses de céruse en chlorure de plomb cristallisé (par exemple aux mines *Thérèse* et *Élisabeth*, à Miechowitz). La puissance du banc, souvent interrompu, de calamine blanche est très variable ; elle oscille entre cinq millimètres et deux mètres.

Lorsque la calamine rouge accompagne la calamine blanche, elle se trouve au-dessus « sauf sur quelques points de la mine *Élisabeth* où elle se trouve au contraire au-dessous de la calamine blanche et en est séparée par des couches appartenant au calcaire du mur. » Un banc rougeâtre d'argile ferrifère est habituellement interposé entre la calamine blanche et la calamine rouge ; cette dernière contient souvent de la céruse et de la galène et, lorsque la teneur en zinc diminue, passe d'une part à de l'hématite brune, de l'autre à de la dolomie. La puissance de la calamine rouge est également sujette à de très grandes variations ; elle s'élève jusqu'à 16 mètres aux points où cette variété atteint son plus grand développement, comme près de Scharley et de Miechowitz. La liaison intime des diverses espèces de minerais avec le calcaire et la dolomie montre très clairement qu'ici encore la calamine est une pseudomorphose du calcaire et de la dolomie.

D'où provient le zinc de ces gîtes, c'est une question à laquelle il est très difficile de répondre. Runge émet l'opinion que la calamine est le produit d'un lavage et d'une concentration de substances zincifères finement disséminées dans la dolomie. L'observation que les masses de calamine passent en profondeur à de la blende compacte semblerait indiquer qu'elles se seraient formées aux dépens d'un dépôt primitif de blende. Ce passage de la calamine à la blende compacte s'observe parfaitement à la mine *Cécile* ; jusqu'à 50 mètres du jour, les travaux n'y avaient porté que sur la

calamine; 13 mètres plus bas, la calamine pure fut remplacée par un lit de 2 à 3 mètres de puissance de calamine, traversée par de nombreuses veines et mélangée de masses importantes de blende, qui, à leur tour, contenaient de fréquentes inclusions de galène. Certains échantillons présentaient un noyau blendeux avec une enveloppe de calamine. On a de même rencontré des assises de blende testacée atteignant jusqu'à 3 mètres de puissance dans les travaux profonds des mines *Samuelsglück*, près de Gross-Dombrowka, *Scharley* et *Nouvelle-Hélène*, près de Scharley, *Marie*, près de Miechowitz, etc. (v. p. 135).

Le deuxième bassin métallifère du muschelkalk de la Haute-Silésie contient les principaux dépôts plombifères, exploités à la mine *Friedrich*, près de Tarnowitz. Il s'étend sur 50 kilomètres carrés environ et forme un fond de bateau ouvert au nord-ouest, dont les deux flancs, dirigés du nord-ouest au sud-est, n'ont que de 3 à 4° d'inclinaison; le contour se fait au sud-est. Comme le précédent, ce bassin ne renferme aucun lit de minerai continu et étendu, mais seulement beaucoup de nids de minerai de formes irrégulières et d'importances variables, séparés par des parties stériles. Mais tous ces nids occupent un horizon déterminé, soit, comme tout à l'heure, à la limite du calcaire du mur et de la dolomie, soit près de cette limite, entièrement dans la dolomie, où l'on distingue alors naturellement les bancs du toit et les bancs du mur. Ici encore, la dolomie du toit manque parfois entièrement; elle peut être remplacée par des matières sableuses et argileuses recouvrant les minerais; ceux-ci reposent directement sur la dolomie du mur ou sur le calcaire du mur.

On distingue dans le minerai deux assises: un *banc dur* et un *banc tendre*. Le banc dur est formé tantôt par une galène compacte dont l'épaisseur, habituellement faible, peut s'élever jusqu'à 0^m,60, tantôt par une dolomie tenace dont les joints et les fissures sont remplis de galène

homogène (v. *fig. 86, II*). La dolomie renferme en outre presque toujours, des inclusions de galène des genres les plus variés. Le banc tendre a de 0^m,25 à 2 mètres de puissance; à son voisinage, la dolomie est toujours extrêmement fissurée et divisée en blocs arrondis séparés (v. *fig. 86, I*), entre lesquels se trouve une ocre jaune ou

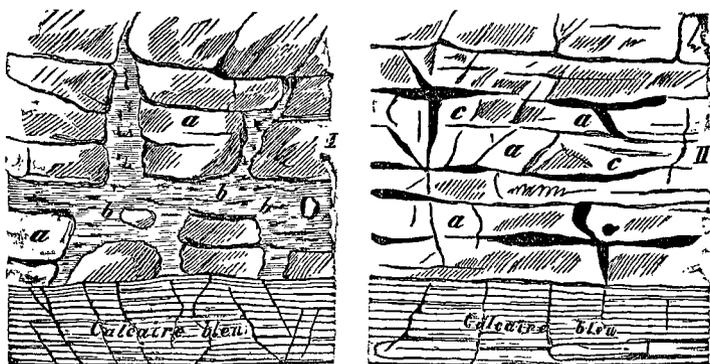


Fig. 86. — Banc tendre

de la mine *Friedrich*, à Tarnowitz, d'après v. Carnall.

a, dolomie; b, ocre ferrugineuse avec galène; c, galène homogène.

brune contenant la galène « en rognons informes, d'aspect caverneux et carié, en masses aplaties à surface rugueuse, en enduits, cristaux ou grains; la dolomie elle-même a perdu sa couleur claire et est devenue brune et friable. » Parfois le banc tendre est recouvert encore d'une assise de limonite tendre. « La couleur brune et l'état fissuré de la dolomie ont incontestablement une même origine, la décomposition de la dolomie, phénomène dont l'ocre et la limonite sont les résidus. » (Von Carnall). Le banc tendre peut être représenté aussi par une argile ocreuse ou vitriolique et bitumineuse avec inclusions de galène (districts de Trockenberg et de Bobrownik). Indépendamment des produits accidentels de décomposition de la galène, tels que la céruse, l'anglésite, la tarnowitzite, le seul minéral qui

accompagne la galène est la barytine, rencontrée une seule fois d'ailleurs dans un puits de recherches à Stolarzowitz, sous forme d'une assise de 0^m,07 à 0^m,08 de puissance, sur 20 mètres de longueur, au-dessus du calcaire du mur. Cette barytine très pure, écailleuse, contenait des inclusions de galène et était, sur certains points, cariée et rongée.

On connaît à la mine *Friedrich*, à 20 ou 30 mètres au-dessus de l'assise précédente, un deuxième niveau plombifère, beaucoup plus irrégulier et moins continu, auquel correspond, dans le fond de bateau zincifère, une zone dolomitique très altérée, contenant des minerais de plomb et de calamine, également à 20 mètres au-dessus du dépôt calaminaire principal. Les deux bassins métallifères contiennent par conséquent des minerais de plomb au même horizon et leur correspondance est rendue plus évidente encore par l'existence à Trockenberg, entre Beuthen et Tarnowitz, d'une selle étroite du muschelkalk inférieur établissant entre les deux bassins une continuité géométrique.

Le gîte de Wiesloch (1), dans le grand-duché de Bade, appartient aussi au muschelkalk, mais il diffère sur des points essentiels de celui de la Haute-Silésie. C'est dans des fentes transversales presque verticales, traversant les couches triasiques, que l'on rencontre la calamine accompagnée de limonite et de galène. Les fentes s'élargissent en formant des grottes au contact des couches à encrines avec le calcaire compacte et deviennent alors particulièrement métallifères. La présence de nombreux fossiles transformés en calamine établit que le minerai résulte d'une transformation du calcaire.

118. *Suite du type Raibl*. — Il existe à Pallières (2), entre Anduze et Durfort, dans le département du Gard,

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 132.

(2) v. Cotta, *Erzlagerstätten*, II, p. 418. — Voir Parran, *Ann. des Mines*, 3^e série, t. XV, 1859, p. 47 (*N. du trad.*)

sur le versant sud-est des Cévennes, dans un calcaire liasique qui s'appuie sur le granite mais en est séparé par des couches triasiques, des cavités irrégulières, des poches remplies de blende, de galène, pyrite de fer, limonite, calamine, quartz, calcite et fluorine.

La côte cantabrique d'Espagne est riche en calamine, surtout dans les provinces de Guipuzcoa et de Santander (1), où l'on exploite des mines importantes à Réocin, Udias, Mercadal, Comillas, la Nestosa, etc. Les gîtes se trouvent dans un calcaire dolomitique jurassique (?); ce sont tantôt des filons, tantôt des cavités très irrégulières contenant principalement de la calamine et de la galène. Une partie du minerai est de la smithsonite blanche, en masses concrétionnées, testacées, stalactitiques et parfois, ce qui offre un intérêt spécial, en masses oolithiques (v. p. 92). A côté de la smithsonite, le silicate de zinc et la zinconise d'un blanc de neige sont fréquents. Les minerais sont parfois entourés d'argile et le noyau des gros blocs est très souvent encore composé de dolomie, ce qui indique le mode de formation de la calamine. La blende cristallisée d'une belle couleur jaune claire apparaît en profondeur; elle est souvent sillonnée de fissures remplies de smithsonite. Elle se rencontre aussi en rognons et en boules recouvertes de couches concentriques de barytine et partiellement transformées en smithsonite.

Nous rattachons encore au même type des filons de 0^m,05 à 2 mètres de puissance et de 2.000 mètres de longueur, découverts à Blankenrode (2), près de Stadtberge, dans une marne du *plaener* (terrain crétacé). Ces filons contiennent de la calamine, de la galène, de la limonite, de la blende, de la pyrite de fer et de la calcite; ils tra-

(1) Schönichen, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 163.

(2) F. Römer, *Verhandl. d. naturh. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf.* 1850, p. 1. — Amelung, *ibid.*, 1853, p. 217.

versent aussi le grès bigarré qui se trouve au-dessus du *plaener*, mais ils y sont stériles ou n'y contiennent que de l'argile et de la limonite.

Nous ferons enfin remarquer que l'on rencontre dans la province de Constantine, à 60 kilomètres au sud de Bône, près de la source thermale du Djebel Nador (1), très fréquentée par les Arabes, dans le calcaire nummulitique, un gîte de calamine important qui contient en géodes des combinaisons remarquables d'antimoine et de plomb (nadorite, etc.).

119. Type Hüggel. — *Caractères : hématites brunes manganésifères comme pseudomorphoses de calcaire ou remplissages de grottes. Dans les détails, le gisement ressemble beaucoup à celui des gîtes calaminaires du type précédent.*

Dans la *Grande-Vallée* (2), vallée longitudinale qui suit le versant oriental des monts Alleghany, affleurent des couches siluriennes qui renferment beaucoup de masses d'hématite brune, peut-être stratifiées, dans un calcaire appartenant au groupe canadien et particulièrement près du contact de ce calcaire et des schistes. Le minerai est une hématite brune argileuse, tantôt tendre, tantôt compacte, en forme de boules et de rognons, contenant des cavités tapissées de dépôts d'oxyde de manganèse. Les principaux centres d'exploitation se trouvent dans la vallée de Lehigh, en Pensylvanie, et à Chatanooga, dans le Tennessee. On rencontre d'ailleurs des gîtes tout à fait analogues, non seulement dans les calcaires siluriens et près d'eux, mais aussi dans les calcaires dévoniens et carbonifères de toute l'Amérique du nord. Mais l'exploitation

(1) Flajolot, *Ann. des mines*, 6^e série, t. XX, 1871, p. 24. (*N. du trad.*)

(2) Wedding, *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten. u. Salinenw. im preuss. Staat*, t. XXIV, 1876, p. 336 et 346.

de ces minerais est loin d'avoir l'importance industrielle de celle des minerais de la formation primitive (v. p. 183).

On trouve de l'hématite brune manganésifère dans des fentes très irrégulières, des fissures, des poches et des amas descendants de la surface dans les calcaires de l'Eifel du massif schisteux des bords du Rhin, par exemple à Keldenich et à Sötenich, dans l'Eifel, et en divers autres points.

L'Iberg et le Winterberg, près de Grund, dans l'Oberhartz, sont formés par un récif corallien appartenant au terrain dévonien supérieur. Le calcaire très fossilifère, massif, sans aucune trace de stratification, s'élève comme une île au milieu des couches du culm qui l'entourent; il est traversé dans toutes les directions par des fentes et des cheminées sur les parois desquelles le calcaire est en grande partie transformé en sidérose, passant à de l'hématite brune. Le minerai de fer est parfois accompagné de barytine, de calcite, de quartz et de malachite, que l'on rencontre aussi en cristaux dans les géodes. Les nids et poches les plus riches de minerai, caractérisés par l'absence de la barytine, se trouvent sur le versant sud de l'Iberg. Le calcaire y est aussi traversé par un filon (filon du *Prince Régent*) qui contient de la galène argentifère, de la chalcopryrite, de la sidérose, de la calcite, etc.

On trouve dans la dolomie permienne d'Allemagne des gîtes très importants d'hématite brune, parmi lesquels celui situé entre Herges, Brotterode et Seligenthal, dans le Thüringerwald et exploité aux mines de Stahlberg, de Mommel (1), etc., a une importance exceptionnelle. Il a des formes extrêmement irrégulières et fait l'impression d'une immense grotte remplie de sidérose ultérieurement transformée en hématite brune. Mais ce mode de formation n'exclut pas la formation d'une partie de la sidérose

(1) v. Cotta, *Erzlagertätten*, II, p. 79.

comme pseudomorphose et en remplacement de la dolomie. Des grès bigarrés, des grès rouges, des micaschistes, des granites et des porphyres se rencontrent au contact de la dolomie dans des conditions de gisement éminemment compliquées et difficiles à expliquer. On connaît, dans la région de granite et de micaschiste voisine, des filons de sidérose : peut-être faut-il attribuer aux mêmes phénomènes le remplissage de ces filons et celui de la grotte dolomitique.

Le mode de formation des minerais de fer est manifeste au *Rochusberg*, près d'Ibbenbühren et au *Hüggel*, près d'Osnabrück (1). Les masses d'hématite brune essentiellement irrégulières qui s'y montrent sont graduellement reliées par une dolomie ferrugineuse à la dolomie pure du zechstein, la roche primitive des gîtes, et l'on peut observer comment la formation du minerai s'est propagée en partant des fissures de la dolomie. Au *Hüggel*, l'hématite brune est accompagnée de beaucoup de barytine et, au *Rochusberg*, de calamine et de galène. Dans les deux localités, on a rencontré la couche de schiste cuivreux sous la dolomie du zechstein.

Les mêmes circonstances essentielles se reproduisent à Bieber, en Hesse (v. p. 288 et 125), où les calcaires déposés sur la couche de schiste cuivreux contiennent aussi de l'hématite brune manganésifère et de la barytine. Seulement le gîte de Bieber est, semble-t-il, plus régulier et plus analogue à une couche.

L'hématite brune se présente en Silésie exactement dans les mêmes conditions que la calamine (v. p. 338). D'après Runge, « ces hématites brunes doivent être regardées comme les résidus de la dolomie dont le fer s'est précipité sous forme d'hydroxyde sur le calcaire du mur, tandis que

(1) Castendyck, *Verhand. d. naturh. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf.*, 1853, p. 140.

la magnésie et la chaux ont été dissoutes et enlevées. Parfois la dolomie forme encore le mur des dépôts d'hématite brune, parfois ils reposent directement sur le calcaire du mur et sont complètement entourés de dolomie. Dans les environs de Tarnowitz et de Naklo, on trouve dans le calcaire du mur des cavités en forme d'entonnoirs complètement remplies de minerai de fer, que des puits ont traversés sur 24 mètres. » Le minerai est alors recouvert directement par des sables et des argiles tertiaires ou diluviens.

A Telekes-Rudobanyaer (1), en Hongrie, des gîtes de minerai de fer reposent sur des calcaires triasiques, en remplissent les cavités et les inégalités et sont recouverts de terre végétale, d'argile et de sables avec galets ; les conditions de gisement sont donc les mêmes que dans la Haute-Silésie. On y trouve des rognons caractéristiques d'hématite brune argilo-sableuse avec cavités et stalactites d'hématite fibreuse ; l'hématite rouge argileuse est plus rare. Des minerais de cuivre et de plomb accompagnent parfois le minerai de fer.

120. Type des minerais de fer en grains (2). — *Caractères : grains concentriques de limonite argileuse, de quelques millimètres à cinq centimètres de diamètre, enveloppés dans du limon et déposés presque exclusivement sur les calcaires jurassiques supérieurs.*

Les grains ou pisolithes de minerai de fer remplissent dans le calcaire jurassique supérieur des cavités en forme d'entonnoirs, de chaudières, de puits, ou des poches et des fentes en communication avec la surface. La zone où se rencontrent ces gîtes est relativement limitée : elle comprend le Jura français et suisse, le Jura franconien et les

(1) Maderspach, *Oestr. Zeitschr. f. d. Berg u. Hüttenw.*, 1876, p. 72.

(2) v. Cotta, *Erzlagertstätten II*, p. 191, 179, 365, 390, 398.

Alpes orientales (Tyrol, Carinthie, Carniole, etc.) L'allure de ces gîtes est partout sensiblement la même. Les parois des poches, grottes et fentes sont unies et révèlent clairement l'action dissolvante de l'eau. La roche est parfois silicifiée et revêtue de minerais de fer. Certaines poches sont en partie vides (v. *fig.* 87) ou ne contiennent que des

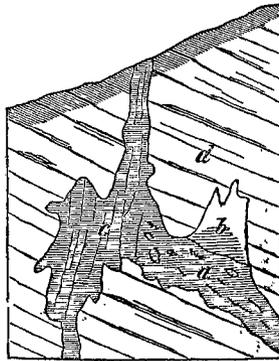


Fig. 87. — Minerais de fer en grains dans la Haute-Carniole, d'après A. v. Morlot.

a, éboulis calcaires; *b*, espace vide; *c*, limon avec minerais en grains; *d*, calcaire.

débris calcaires; mais la plupart sont remplies de minerais en grains et des masses minérales qui les accompagnent. Les minerais forment des couches ou des nids irréguliers dans le limon; tantôt ils reposent directement sur le calcaire, tantôt ils en sont séparés par des éboulis calcaires et des masses argilo-sableuses. Ils sont accompagnés de galets de quartz et de roches diverses, granite, grès, etc., puis de concrétions siliceuses analogues au jaspé: celles-ci sont particulièrement remarquables à Kandern, dans le Breisgau.

Les restes organiques qui sont noyés dans les limons pisolithiques comprennent non seulement des fossiles de formations plus anciennes, mais aussi des lignites et des ossements de mammifères tertiaires, appartenant à

l'époque oligocène (*anoplotherium*, *paleotherium*, *lophiodon*) et à l'époque miocène (*mastodonte*, *rhinocéros*, *dinothérium*). Ces restes établissent avec certitude l'âge tertiaire des dépôts pisolithiques. Les minerais contenus dans des poches et des fentes sont en relation avec d'autres qui s'étendent en nappes pouvant atteindre 30 mètres de puissance et qui recouvrent le calcaire jurassique spécialement dans les dépressions des vallées : ces dépôts forment le passage aux gîtes stratifiés. Les gîtes les plus importants de minerais en grains se trouvent dans le Franche-Comté, la Bourgogne, le Berri, dans le Jura bernois, dans la vallée de Dernsberg, à Kandern dans le Breisgau, à Tüttlingen et Frohnstätten en Wurtemberg, etc.

On admet généralement que les minerais pisolithiques sont des dépôts de sources ferrugineuses, manganésifères, calcaires et siliceuses, en mélange avec des alluvions d'origine mécanique, des sables et des argiles. Comme ces minerais sont presque toujours déposés sur les calcaires jurassiques ou dans des grottes de ces calcaires, il doit s'être produit une réaction réciproque, de nature encore mal connue, entre les calcaires et les sources minérales qui ont donné naissance aux minerais.

121. Type Nassau. — *Caractères: minerais de manganèse dans les mêmes conditions géologiques que les calamines et les hématites brunes des types Raibl et Hüggel.*

La plupart des hématites brunes des types précédents sont manganésifères et elles le sont souvent au point d'avoir donné naissance à des sécrétions de minerais de manganèse purs, pyrolusite, acerdèse, etc.: Stahlberg et Mommel, dans le Thuringerwald; Bieber, en Hesse, en fournissent des exemples. Lorsque la proportion des minerais de manganèse augmente, les gîtes passent graduellement du type ferrugineux de Hüggel au type mangané-

sifère du Nassau. C'est ainsi que dans le Nassau (1), dans le cercle de Wetzlar, près de Giessen, etc., des minerais de manganèse associés à de l'hématite brune manganésifère remplissent les cavités irrégulièrement disséminées de la surface rugueuse du calcaire à stringocéphales et sont eux-mêmes recouverts par des argiles entremêlées de galets roulés. Au voisinage des minerais de manganèse, le calcaire passe à une dolomie sur laquelle s'étend ordinairement une assise d'argile plastique jaune claire ou rougeâtre, de quelques centimètres à deux mètres d'épaisseur, formant le mur du gîte proprement dit, dont la puissance, parfois très faible, s'élève sur certains points jusqu'à 6 et même jusqu'à 12 mètres. Il consiste en une argile brun, généralement maigre, empâtant des rognons de minerai de manganèse dont le volume peut atteindre deux pieds cubes et plus, mais qui, en général, ne dépassent pas la grosseur du poing, d'une noix ou d'un pois. Les minerais consistent en psilomélane, acerdèse, pyrolusite et wad. Les blocs les plus gros contiennent habituellement de belles géodes remplies de minerais manelonnés, botryoïdaux ou stalactitiques, sur lesquels se sont déposés de petits cristaux d'acerdèse, de pyrolusite, etc. La présence de fossiles du calcaire à stringocéphales transformés en minerai de manganèse démontre que les gîtes résultent d'une pseudomorphose du calcaire.

Le *Monte Argentario* (2), promontoire de la côte sud de Toscane, présente un autre exemple de transformation locale d'un calcaire en minerai de fer et de manganèse. Ce promontoire se compose, comme les collines voisines d'Ansedonia, de quartzites, conglomérats et schistes (*verrucano*), recouverts de calcaires sans stratification visible, poreux et

(1) O. Hahn, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XV, 1863, p. 249. — Riemann, *Zeitschr. f. d. Berg u. Salinew. im preuss. Staat.* 1862, t. X, p. 2. — Odenheimer, *Das Berg u. Hüttenw. im Herzogth. Nassau.* II, p. 205.

(2) *Berggeist*, 1877, n° 91 et 92.

caverneux, rappelant beaucoup les cargneules du zechstein allemand. Ces roches, dans lesquelles on n'a jusqu'ici découvert aucun fossile, sont peut-être l'équivalent du trias allemand (?). « Dans toute l'étendue du terrain calcaire et parfois aussi dans les schistes sous-jacents se rencontrent des traces de minerai de fer et de manganèse, généralement en masses de formes irrégulières et en apparence en relation avec la surface actuelle; ce sont des produits de la décomposition des roches ferrugineuses et manganésifères. » Une des plus importantes de ces masses est située sur le versant nord du promontoire, entre Orbetello et l'isthme de Feniglia. « Le versant oriental du *poggio del Passo* y est composé, sur toute sa hauteur de 80 mètres et sur une longueur de 400 mètres environ, d'hématite brune et de pyrolusite en mélange très variable; des sécrétions pures des deux oxydes y forment des bancs puissants et des nids au milieu du mélange des mêmes minerais; le tout est entremêlé de nombreuses masses de cargneule. »

La pyrolusite terreuse et l'hématite brune plus dure sont traversées dans toutes les directions par des veines de calcite blanche cristallisée en scalénoèdres; on y trouve aussi, mais plus rarement, des concrétions calcaires pisolithiques. Les géodes renferment des rhomboèdres primitifs de calcite; le wad se rencontre assez fréquemment sous forme d'enduit, plus rarement en masses sphéroïdales.

122. **Type Huelva.** — *Caractères : dépôts de minerais de manganèse, superficiels ou voisins de la surface, remplissant des grottes et des poches ou recouvrant des pointements de calcaires, de quartzites et d'autres roches.*

- Le département des Hautes-Pyrénées (1) contient, entre les vallées de Luchon et de Campan, dans une zone

(1) Gruner, *Ann. des mines*, 1850, 4^e série, t. XVIII, p. 61.

de 15 kilomètres de longueur, mais de faible largeur, beaucoup de gîtes superficiels de minerai de manganèse, remplissant des cavités irrégulières, des fentes, des poches ou des grottes analogues à celles dans lesquelles se rencontrent des minerais de fer pisolithiques. Les roches qui contiennent ces gîtes sont des schistes argilo-marneux alternant avec des bancs calcaires. Les minerais consistent en oxydes de manganèse anhydres, [compactes, terreux, caverneux ou cellulieux, passant en profondeur à de la diallogite. La zone minéralisée étant parallèle à l'axe de soulèvement des Pyrénées et présentant des dislocations très considérables, Gruner est porté à admettre que les minerais ont été déposés par des sources minérales ayant jailli le long d'une ligne de fracture du terrain.

C'est encore à la surface mais, par une exception unique et singulière, en relation non plus avec des calcaires, mais avec des quartzites, des schistes siliceux et des phyllades que se trouvent les masses considérables de minerais de manganèse de la province d'Huelva (1), dans le sud de l'Espagne. Elles s'étendent entre les couches au voisinage du contact des roches que nous venons de citer; elles forment ainsi des amas stratifiés d'une faible longueur et d'une puissance considérable (de 4 à 16 mètres); d'autres fois elles constituent des enduits sur les quartzites ou remplissent des cavités dans l'intérieur de ces roches.

Schönichen a décrit les gîtes de la mine *Saint-Thomas*, où la braunite entoure comme d'une calotte un dôme de quartzite pointant à travers des phyllades et pénètre ensuite dans les joints parallèles du quartzite avec une puissance variable. Les minerais sont la pyrolusite et la psilomélane, rarement l'acerdèse et le wad; ils ont une

(1) Bellinger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1863, p. 483 (Compte-rendu). -- Schönichen, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1864, p. 243. — F. Rømer, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1873, p. 263.

texture cristalline, finement grenue ou compacte. On trouve parfois dans les fentes du quartzite des taches de rhodonite, rappelant le gisement des minerais de manganèse sécrétés dans les schistes siliceux (v. p. 256).

123. *Type Christiania.* — *Caractères : sidérose, magnétite, chalcopryrite, phillipsite, pyrite de fer, galène, blende, etc., accompagnées de grenat, actinote, wollastonite, azinite, formant des mélanges de proportions très variées avec prédominance tantôt de l'un, tantôt de l'autre des minerais ou des silicates et remplissant des nids ou des poches situés au contact de roches éruptives et de calcaires grenus ou entièrement contenus dans ces calcaires. Ce sont ainsi des gîtes dus à un métamorphisme de contact et pouvant par suite être désignés comme des gîtes de contact.*

C'est un fait incontestable que les roches sédimentaires perdent ordinairement leurs caractères normaux au voisinage des roches éruptives; en général, l'altération atteint son maximum au contact même et s'affaiblit graduellement à mesure que l'on s'en éloigne : on observe en conséquence un passage graduel de la roche métamorphisée à la roche inaltérée. Les roches sédimentaires ainsi altérées au voisinage des roches éruptives sont appelées roches de contact, et l'altération même reçoit le nom de métamorphisme de contact. Nous avons signalé précédemment la fréquence des filons métallifères au voisinage des roches éruptives et dans les roches de contact elles-mêmes (voir Tellemarken, Cornwall, Californie, Aveyron, etc.). Les minerais s'y trouvent encore sous d'autres formes, par exemple en concrétions (v. New-Jersey, p. 277).

Les nids et amas irréguliers qui se rencontrent dans les calcaires grenus au contact des roches éruptives ou dans leur voisinage offrent un grand intérêt. Les calcaires grenus sont alors, comme le montre leur passage au calcaire

fossilifère normal, des roches métamorphiques, et il est très probable que les gîtes métallifères s'y sont déposés pendant leur transformation. Les exemples suivants montrent que des calcaires de tous âges ont été métamorphisés par les roches éruptives les plus variées.

On trouve, dans les Pyrénées (1), au Canigou des calcaires paléozoïques (?), à Rancié des calcaires jurassiques, à Saint-Martin des calcaires crétacés, transformés au voisinage du granite en calcaires grenus. Si différents que soient les âges de ces calcaires, tous trois renferment cependant près du contact du granite des gîtes semblables, des nids et amas extrêmement irréguliers d'hématite brune et de sidérose accompagnées de petites quantités d'hématite rouge et de fer micacé et contenant accidentellement du quartz, de la calcite, des minerais de manganèse, de la pyrite de fer et de la chalcopryrite.

On trouve aux Springs (2), près de Calgour (Queensland), entre le granite et un calcaire cristallin certainement paléozoïque qui contient une forte intercalation de grenat et de minerais de fer, un gîte composé de wollastonite, quartz, grenat, chalcopryrite, phillipsite, etc., et renfermant de l'or natif en quantité exploitable. Les conditions du gisement ne sont pas exactement connues; la présence du minerai de cuivre rappellerait toutefois, d'après G. Wolff, le gîte de Cziklowa, dans le Banat (v. p. 357).

On connaît, à Bogoslowsk (3), sur le versant oriental de l'Oural, des gîtes très irréguliers au contact d'un calcaire grenu du terrain silurien supérieur ou du dévonien avec une diorite. Le calcaire contient de l'éclogite, qui est certainement un produit du métamorphisme de contact. Les gîtes de contact renferment comme principal minerai de la chalcopryrite, tantôt pure, tantôt mélangée de calcite, de

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 434.

(2) G. Wolff, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1877, t. XXIX, p. 160

(3) H. Müller, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 160.

grenat, d'actinote, de quartz et de pyrite de fer ; celle-ci est parfois plus abondante que la pyrite de cuivre. On y rencontre en outre de la chalcosine, de la phillipsite, du cuivre gris avec les minerais oxydés de cuivre et de fer qui en dérivent et avec du cuivre natif en très beaux cristaux. La blende, la galène, l'argent natif et la barytine ne s'y rencontrent que rarement.

Une région classique pour l'étude du métamorphisme de contact est celle de Christiania et de Drammen, en Nor-

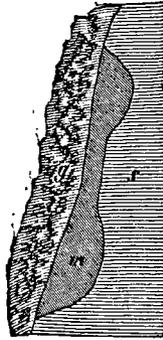


Fig. 88. — Gîte de contact des mines de Narverud, près Christiania.
g, granite ; m, gîte métallifère ; s, schiste.

vège. Les altérations frappantes et grandioses éprouvées par les couches siluriennes au voisinage des granites et parfois des porphyres ont été décrites minutieusement par de nombreux savants. Les régions du métamorphisme de contact offrent de l'importance pour nous, parce qu'elles contiennent des amas irréguliers, sans valeur industrielle, mais remarquablement nombreux (amas de contact ; v. *fig.* 88). Les minerais dominants sont la magnétite, la chalcopyrite, la galène argentifère et la blende, associées à de la calcite, de la fluorine, de l'apatite, du grenat, de l'épidote, de l'axinite, de la datolite, de l'helvine, etc.

Comme minéraux plus rares, il y a lieu de citer le mispickel, la smaltine, la bismuthine, la molybdénite, etc.

Dans le Banat (1) et la Serbie, une bande de 300 kilomètres de longueur, dirigée du nord au sud, de roches éruptives particulières désignées par v. Cotta sous le nom de *banatites* et dans lesquelles Niedzwieski (2) a reconnu des diorites traverse les schistes cristallins, les couches jurassiques et peut-être aussi des formations crétacées. Des gîtes de contact se rencontrent aux limites des roches éruptives et des terrains sédimentaires; les calcaires y sont devenus saccharoïdes et se sont chargés de grenat, de wollastonite et d'idocrase; ils contiennent des amas de contact irréguliers dans lesquels se trouvent des sulfures métalliques, de la magnétite et un grand nombre de minéraux variés. Les principaux sulfures sont la pyrite de fer, la chalcopryrite et la blende, en proportions très variables. Les districts miniers les plus importants et les plus connus de cette zone sont ceux de Rezbanya, Morawicza, Dognaczkza, Orawicza et Czıklowa.

Les gîtes de Rezbanya ont été décrits exactement par Peters (3) et par Poszepny (4). Poszepny y voit, comme à Raibl, des cavités remplies voisines de fractures ayant produit des rejets. Pour donner une idée de l'abondance et de la variété des minéraux de ces gîtes, nous reproduirons la liste suivante dressée par Peters des minéraux de Rezbanya : or, argent, cuivre natifs, tétradymite, bismuthine, argyrose, galène, hessite, stromeyérine, redruthitc, bornite, chalcopryrite, blende, pyrite, tétraédrite, rezbanyite, cuprite, hématite, magnétite, limonite, minium, bismuth-

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1864, p. 118. — v. Cotta, *Erzlagertätten* II, p. 286 et 308.

(2) G. Tschermak, *Mineral. Mittheil.*, 1873, p. 254.

(3) Peters, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 269 (Compte-rendu.)

(4) *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1875, Verhandl., p. 40 (Compte-rendu).

ocre, quartz, wollastonite, hypersthène, malacolite, trémolite, grenat, idocrase, pistazite, mica, pagodite, stéatite, serpentine, chlorite, stilbite, bol, hémimorphite, chrysocole, limonite cuprifère, opale, szajbélyite, calcite, dolomie, smithsonite, arragonite, céruse, malachite, azurite, buratite, wulfénite, crocoïte, pyromorphite, trombolite, lunnite, tyrolite, gypse, brochantite, chalcantithe, linarite, calédonite, leadhillite, anglésite.

On retrouve des conditions géologiques analogues dans les amas de contact de Rodna et d'Offenbanya, dans le Siebenburgen.

Rodna (1) est à la naissance de la rivière de Szamos. Le terrain environnant est formé de schistes cristallins, parmi lesquels dominent des micaschistes avec fréquentes intercalations de calcaire grenu ; on y trouve aussi des couches appartenant au terrain tertiaire. Ces roches sont traversées par de nombreuses masses d'andésite et, aux points de contact de ces andésites et des brèches qui les accompagnent avec le calcaire grenu, celui-ci contient des amas métallifères. « Il existe certainement une relation entre ces gites et les éruptions d'andésite. La dimension des amas est très variable ; elle peut descendre jusqu'à 4 mètre et s'élever à plus de 100 mètres. L'amas que l'on exploitait principalement en 1878 avait une hauteur verticale de 85 mètres et une puissance de 28 mètres ; les travaux préparatoires y étaient terminés sur 120 mètres de longueur sans avoir atteint la fin du gîte. Le minerai de Rodna est un mélange de pyrite de fer, de blende et de galène argentifère, comprenant en moyenne 60 p. 100 de pyrite, 20 à 25 p. 100 de blende, 6 à 8 p. 100 de galène ; le reste est de la calcite et du quartz. » On y trouve en outre du

(1) Poszepny, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* 1865, p. 183 (Verh.) et 1870, p. 19 (Verhandl.) — v. Beust, *ibid.*, 1869, p. 367 (Verh.). — Grimm, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.* 1870, p. 170. — G. v. Rath, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1878, t. XXX, p. 556.

mispickel et de la dolomie et il faut encore remarquer que les minerais sont aurifères et argentifères. Poszepny a déterminé comme suit l'ordre de succession des remplissages :

- 1° pyrite de fer et quartz ;
- 2° galène, blende et mispickel ;
- 3° dolomie et calcite (v. p. 102).

Von Beust le premier a émis l'opinion que le gîte de Rodna est un gîte métamorphique qui s'est formé au moment de l'éruption d'andésite et il a cherché à appuyer cette opinion sur la présence de boules de minerai particulières, dans lesquelles le noyau est formé de quartz et de pyrite et l'enveloppe de blende. Plus tard, Poszepny s'est rallié à cette manière de voir, tandis que Grimm admet que le gîte est contemporain du calcaire et qu'il a été ultérieurement disloqué par l'éruption andésitique.

Offenbanya (1) se trouve dans la partie sud-ouest de l'Erzgebirg du Siebenburgen, entre les rivières d'Aranyos et de Maros, au nord-ouest d'Abrudbanya (v. p. 223). Comme à Rodna, des schistes cristallins, principalement des micaschistes, avec intercalations de calcaires grenus, et des couches tertiaires sont traversés par des roches éruptives tertiaires, des trachytes amphiboliques. Les gîtes métallifères sont enclavés dans le calcaire grenu à son contact avec les roches éruptives. La forme de ces gîtes est absolument irrégulière. « Leurs dimensions varient depuis celles de simples mouches jusqu'à celles d'amas importants, avec tous les intermédiaires, tels que nids, poches, veines, etc. Leur étendue et leur répartition ne présentent aucune uniformité. On y observe les plissements les plus nombreux et les allures les plus brouillées. Tantôt ils sont isolés et indépendants, tantôt au contraire ils se

(1) v. Cotta, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*. 1861, p. 155. — Grimm, *Berg u. Hüttenm. Jahrb. d. k. k. östr. Bergacad.*, 1867, t. XVI, p. 306. — Poszepny, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1873, p. 70 (Verhandl.)

rattachent plus ou moins les uns aux autres. Parmi les minerais qu'ils contiennent, on peut citer en première ligne la pyrite de fer, la galène, la blende, l'alabandine, la psilomélane, le cuivre gris, la stibine, puis des produits d'altération de plusieurs de ces substances; les principales gangues sont la calcite, la diallogite, le braunspath, la rhodonite, le jaspe, le quartz et l'argile. » Grimm dit que les minerais ne présentent que rarement une structure zonée analogue à celle des remplissages de filons; Poszepny au contraire y signale comme fréquents des indices de dispositions zonées caractéristiques des remplissages de cavités. Nous avons déjà indiqué précédemment (p. 223), que les roches éruptives d'Offenbanya contiennent elles-mêmes des minerais (filons de tellure).

Les gîtes de Schwarzenberg (1), en Saxe, sont extrêmement compliqués et difficiles à décrire: ce sont probablement aussi des filons de contact. Un dôme granitique y est entouré de gneiss et de micaschistes qui se relèvent de tous côtés vers le granite et l'enveloppent comme d'un manteau, en formant une série d'assises concentriques. Parallèlement aux couches de micaschiste sont alignés, suivant des courbes fermées, des gîtes lenticulaires isolés, accompagnés d'amas stratifiés de diabase, de calcaire grenu et de dolomie. Les minéraux caractéristiques de ces gîtes sont le pyroxène, le grenat, la pyrite et la blende, auxquels s'ajoutent fréquemment la hornblende, l'actinote, le quartz, le prasème, le jaspe; plus rarement l'idocrase, l'axinite, l'helvine, l'épidote, la pyrite magnétique, la chacopyrite, la galène, le mispickel, la magnétite, l'oligiste, la cassitérite, la calcite, le braunspath, la fluorine, l'apatite, la tourmaline, le mica, le talc, la picrolite, le feldspath.

Les diabases contiennent ordinairement les minerais avec une abondance telle que l'usage s'est introduit en Saxe de

(1) v. Cotha, *Erzlagerstätten* II, p. 37.

parler de diabases métallifères. Mais il est très peu probable que les minerais y soient contemporains de la formation de la roche; v. Beust admet qu'ils sont en relation avec des fentes transversales ayant servi de canaux d'amenée aux solutions métallifères et l'on peut, se ralliant à cette manière de voir, supposer que les granites très voisins ont exercé une action métamorphique et minéralisatrice.

DEUXIÈME SECTION

GITES DÉTRITIQUES

124. Type Peine. — *Caractères : galets pleins ou creux et concrétions d'hématite brune, en lits dans des marnes, de l'argile, des limons, etc.*

On trouve fréquemment, surtout dans les formations récentes, des fragments d'hématite brune réunis par alluvionnement : on peut en étudier un exemple excellent dans des couches appartenant à la formation crétacée de l'Allemagne du Nord et désignées à tort sous le nom de couches de minerais en grains ; cette dénomination est inexacte, puisque les minerais de ces gîtes ne présentent pas la texture caractéristique des pisolithes, celle de grains formés de couches concentriques.

On connaît à Peine (1), dans le Hanovre, entre des marnes de la craie sénonienne (couches du *Quader*), une assise formée de fragments d'hématite brune arrondis et usés, dont la grosseur varie depuis celle d'une noix jusqu'à celle du poing et qui sont reliés soit par un ciment ferrugineux, soit par une marne grise jaunâtre. Les fragments dont l'intérieur est homogène sont des galets roulés provenant du lias ; on y trouve, en effet, des exemplaires

(1) v. Strombeck, *Zeitsch. d. d. geol. Gesellsch.*, t. IX, 1857, p. 313.

arrondis de fossiles liasiques hématisés (*Ammonites amaltheus, costatus*, etc.). Des fragments dont l'intérieur est creux et contient des stalactites d'hématite brune fibreuse, du quartz et des cristaux de pyrolusite doivent leur origine à de la sidérose. On ne saurait dire avec certitude si la sidérose a pénétré dans la couche sous forme de galets arrondis ou si elle s'y est formée par concrétion dans le sein d'une solution ferrugineuse. La puissance du minerai de fer pur atteint 5 mètres environ à Peine, mais les couches encaissantes sont toujours ferrugineuses, de sorte qu'on ne peut établir de démarcation nette entre elles et le minerai proprement dit. La puissance entière du système de couches qui contient du minerai de fer s'élève jusqu'à 40 mètres et plus.

Les formations infracrétacées (*conglomérat du Hils, néocomien*) présentent des couches très analogues à Salzgitter et à Haverlah, sur la lisière nord du Hartz. Les éléments de ces couches proviennent encore du lias, comme le démontrent les fossiles arrondis qu'on y rencontre. Il y a lieu de remarquer que ces couches renferment beaucoup de galets de phosphorite et que les minerais de fer s'y distinguent par la présence d'une petite quantité de vanadium.

Les limons tertiaires et diluviens contiennent très fréquemment des rognons, des géodes, des nids et des poches de minerai de fer hydroxydé. Le minerai ne s'y trouve pas uniquement sous forme de galets : il paraît s'être aussi formé sur place par concrétion. Lorsque ce mode de formation est prouvé, les gîtes rentrent dans le type des couches d'hématite brune et rouge (v. n° 57). On peut citer comme exemples les limons ferrugineux probablement tertiaires qui recouvrent les grauwackes infradévonniennes des bords du Rhin et qui appartiennent à l'étage désigné par Nöggerath sous le nom de *formation ferrugineuse de*

Soonwald (1), puis les limons diluviens de la Basse-Carniole (2). Ce ne sont pas de véritables amas stratifiés, mais des rognons isolés, des géodes, des nids, des poches irrégulièrement disséminées dans le limon. Les cavités des géodes sont tantôt vides, tantôt remplies de sable ou d'eau. D'après Lipold, les éléments de ces dépôts diluviens proviennent des couches de Gailthal et de Werfen qui entourent au nord et à l'est la Basse-Carniole d'une sorte de rempart demi-circulaire et contiennent des bancs de sidérose et d'hématite rouge oolithique.

Il convient enfin de citer ici les minerais de fer dits *basaltiques*, que l'on trouve dans le Vogelsgebirg (3), dans le cercle de Fritzlar en Hesse (4) et sur divers autres points. Dans le cercle de Fritzlar, les espaces compris entre des dômes basaltiques qui traversent le grès bigarré et le muschelkalk sont occupés par des sables et des limons diluviens contenant des nids de fragments de minerai de fer dont la grosseur varie depuis celle d'un grain de plomb jusqu'à celle d'une noisette. Ces fragments sont intérieurement homogènes et n'ont pas la texture concentrique, mais leur surface paraît comme arrondie par l'action des eaux. Le minerai est une hématite brune dont l'origine est révélée par la présence constante d'une certaine quantité de magnétite titanifère. Le limon est indubitablement un dépôt d'alluvion formé aux dépens du résidu de la décomposition du basalte.

125. Type de la canga brésilienne. — *Caractères : brèches ou conglomérats de magnétite ou d'hématite rouge avec ciment limoneux friable ou ciment ferrugineux compacte.*

(1) Nöggerath, *Karsten's Archiv*, 1842, t. XVI, p. 472.

(2) Lipold, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1858, p. 5 (Verh.) et p. 246.

(3) Tasche, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1853, p. 209.

(4) Württenberger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1867, p. 685.

On ne peut avoir de doutes sur l'origine des minerais de fer détritiques lorsqu'ils se rencontrent au voisinage immédiat de gîtes en place. C'est ainsi que l'on trouve sur les versants nord et ouest du mont Gora-Blagodat, dans l'Oural (v. p. 190) des dépôts de 0^m,50 à 1 mètre de puissance d'argile rouge brune et de limon contenant des rognons de magnétite et d'hématite brune de la grosseur de la tête. Un dépôt semblable occupe les contreforts méridionaux du mont Katschkanar, dans l'Oural (v. p. 191) et l'*Iron Mountain*, en Missouri (v. p. 192), était, avant le commencement de l'exploitation, entièrement entouré d'un manteau de fragments d'oligiste empâtés dans de l'argile.

Au Brésil, une étendue considérable de la province de Minas Geraes est recouverte, dans la région d'Itabira, Villarica, Marianna, par un dépôt superficiel de 1 à 4 mètres de puissance d'un minerai de fer détritique reposant sur des schistes à fer micacé (v. p. 173), des phyllades, des talcschistes ou des itacolumites. Le minerai, connu dans le pays sous le nom de *canga*, abonde par exemple dans la Serra do Tapanhoacanga (1). Il se compose de fragments pouvant atteindre un volume d'un pied, ordinairement anguleux, rarement arrondis, de magnétite, de schistes à fer micacé, d'oligiste et d'hématite brune, accompagnés de fragments de quartzite, d'itacolumite et d'autres roches. Le ciment qui donne souvent à la brèche ou conglomérat une grande solidité, bien qu'il ne soit pas toujours très abondant, est de l'hématite rouge, de la limonite et de l'ocre jaune ou rouge. On y rencontre accessoirement de l'or natif, de la topaze, du rutile, du diamant, provenant comme les minerais de fer des roches anciennes en place sous cette formation détritique récente.

(1) v. Eschwege, *Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens*, 1832, p. 141 et *Pluto Brasiliensis*, 1838, p. 225.

Voir aussi de Bovet, *Ann. des Mines*, 8^e série. t. III, 1883, p. 85 (*N. du traducteur*).

126. Type des alluvions métallifères. — *Caractères : masses sans consistance de sables et de cailloux roulés contenant des fragments de minéraux métallifères.*

On peut y distinguer, d'après la nature des minerais contenus, des alluvions ferrugineuses, comprenant une partie des gîtes du type précédent, des alluvions aurifères, platinifères et stannifères.

Les gîtes d'alluvion résultent de la destruction mécanique ou chimique de gîtes en place. Les produits de la décomposition ont été entraînés par les eaux et débourbés, puis se sont déposés à nouveau dans un ordre dépendant de la nature du terrain et de la densité des diverses substances. Ces gîtes d'alluvion, ou placers, appartiennent tous aux formations les plus récentes, tertiaire et quaternaire, et se trouvent soit à la superficie, soit à une faible profondeur. Certaines alluvions se forment visiblement encore à l'époque actuelle. Tantôt les placers recouvrent directement les gîtes primitifs qui leur ont donné naissance et se sont, par suite, formés sur place; tantôt, au contraire, ils se sont déposés plus ou moins loin du point d'où ils proviennent. Souvent leur origine ne peut plus s'établir avec certitude. On comprend aisément que les gîtes d'alluvion renferment surtout les minerais capables de résister aux agents d'altération mécanique ou chimique, comme les métaux natifs, or ou platine, et quelques oxydes, tels que la cassitérite, la magnétite; les pyrites et autres sulfures métalliques facilement altérables y sont rares.

L'exploitation des placers, où les matières ont déjà subi une préparation mécanique naturelle, est en général plus productive que celle des gîtes en place dont ils dérivent. Ils atteignent ordinairement leur plus grande richesse au voisinage de leur origine et dans les assises inférieures d'une période d'alluvionnement déterminée. Jamais leur teneur en minerai n'est constante; les matières utiles sont toujours irrégulièrement disséminées. Les points les plus

riches se trouvent dans les régions où les courants se sont ralentis par suite d'une diminution de la pente ou d'un changement de direction brusque, aux points de rencontre de deux courants, dans les trous, les cavités et les fentes ouvertes du sous-sol rocheux sur lequel a passé le torrent ; aussi une roche de fond rugueuse, fissurée, est-elle favorable à la minéralisation.

Alluvions ferrugineuses. — Certains dépôts sableux contiennent des grains de magnétite titanifère (1) provenant de roches éruptives anciennes ou modernes, principalement de mélaphyres et de basaltes qui renferment, on le sait, d'abondantes sécrétions de ce minéral (v. p. 189). Les sables à magnétite titanifère sont très fréquents dans les chemins creux, sur les berges des rivières et des ruisseaux qui traversent des roches de cette nature, ainsi que sur les rivages de certaines mers, comme la mer Baltique, la mer Méditerranée, etc.

Ces dépôts ont une importance considérable et peuvent être utilisés industriellement sur les bords des fleuves et sur les côtes de l'Amérique du Nord, dans le cours inférieur du Saint-Laurent, sur les rives des grands lacs, sur les côtes de l'Océan atlantique, au Canada, dans le Rhode Island et le Connecticut, ainsi que sur les côtes du Pacifique, en Californie et dans l'Orégon, où ils sont en même temps aurifères. Des masses gigantesques d'un sable de même nature, également aurifère, sont déposées, d'après Hochstetter, en Nouvelle-Zélande, sur la côte de Taranaki, entre la baie de Kaipara et le mont Egmont. Les grains de magnétite titanifère ne font d'ailleurs jamais défaut dans les alluvions aurifères, platinifères et stannifères, où ils passent pour un indice de richesse.

Alluvions aurifères. — On connaît des sables aurifères

(1) Burkart, *Berggeist*, XVI, n° 27—30. — *Neues Jahrb. f. Mineral.* 1871, p. 421 (Compte-rendu.)

dans un très grand nombre de cours d'eau en Europe, par exemple dans le Rhin, la Moselle, l'Edder, l'Elbe, les rivières de Silésie, de Hongrie, etc. Nulle part le lavage de ces sables n'a donné de produits rémunérateurs. Leur teneur en or n'a guère qu'un intérêt scientifique; elle prouve que les roches traversées par ces cours d'eau sont légèrement aurifères, alors même que la présence de l'or ne peut y être directement démontrée (v. p. 167).

Les autres continents sont plus favorisés; l'Amérique du Nord notamment possède dans ses placers de Californie les gites aurifères les plus riches de la terre.

La principale région aurifère de Californie (1) (v. p. 284) se trouve sur le versant ouest de la Sierra Nevada et s'étend sur une surface de près de 56.000 kilomètres carrés. On doit y distinguer deux catégories de placers aurifères. Les plus anciens (*deep placers*) appartiennent à la fin de l'époque pliocène et s'étendent le long de puissants torrents de cette époque, courant du nord au sud parallèlement à la crête de la Sierra Nevada. Les placers reposent directement sur les roches métamorphiques redressées dans lesquelles sont encaissés les filons de quartz aurifère; ce sont donc des placers produits sur place. Cette formation détritique ancienne est un dépôt d'eau douce, car on y trouve du bois fossile et des ossements de rhinocéros, d'hippopotame et de mastodonte; elle atteint une puissance de 25 à 90^m et est formée de « fragments roulés et polis de quartz, diorite, syénite et schistes, provenant tous des hauteurs de la Sierra et reliés par un ciment solide, sableux et calcaire, souvent chargé de pyrite de fer, de manière à constituer un conglomérat souvent très dur. »

(1) H. Credner, *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 209.

· Voir aussi Sauvage, *Ann. des Mines*, 7^e série, t. IX, 1876, p. 1. (*Note du traducteur*).

Les assises inférieures sont particulièrement riches ; la coloration bleue du ciment leur a fait donner le nom de *conglomérat bleu*. Plus haut, la teneur en or diminue ; en même temps la couleur devient jaune ou rouge, par suite de l'oxydation de la pyrite disséminée dans le ciment. L'or se trouve en grains dont la grosseur varie depuis celle d'un grain de millet jusqu'à celle d'un pois et atteint rarement celle d'un œuf de pigeon ; il est très irrégulièrement réparti dans le ciment du conglomérat.

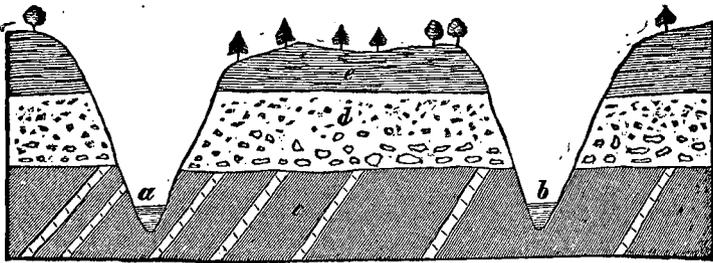


Fig. 89. — Placer californien, d'après H. Credner.

a, rivière Middle Yuba ; *b*, South Yuba ; *c*, schistes jurassiques métamorphisés ;
d, alluvions anciennes ; *e*, nappes volcaniques.

Il y a lieu de remarquer encore que les trous du fond de l'ancien lit du torrent sont ordinairement très riches et que même « des fragments et des lamelles d'or ont profondément pénétré dans les parties tendres du schiste chloriteux qui constitue souvent le fond du lit et ont été ensuite polis par le frottement des galets en mouvement. Aussi exploite-t-on très avantageusement le *bed-rock* (roche du fond) sur près de 0^m,15 de profondeur. »

Le dépôt des alluvions aurifères a été suivi de violentes éruptions volcaniques dans les contreforts de la Sierra Nevada : les produits de ces éruptions recouvrent les anciens placers d'une nappe puissante. Avec la fin de cette activité volcanique commença le creusement des vallées actuelles, perpendiculaires à direction de la chaîne et de la

vallée torrentielle pliocène. Elles entamèrent profondément les dépôts volcaniques, les placers anciens (*deep placers*) et même la roche du fond sous-jacente (v. fig. 89). Les alluvions de ces rivières modernes, dont les lits sont à de grandes profondeurs au-dessous des couches aurifères anciennes, contiennent naturellement à leur tour des placers aurifères (*shallow placers*) ; ces placers récents résultent soit du remaniement des *deep placers*, soit de la destruction de la roche du fond.

« La découverte et l'exploitation de ces gîtes aurifères eurent lieu exactement dans l'ordre inverse de leur formation. » L'or fut trouvé d'abord dans les *shallow placers* ; on attaqua ensuite les *deep placers*, et enfin les filons de quartz aurifère en place.

Les gîtes aurifères des états orientaux de l'Amérique du Nord (v. p. 164) sont également accompagnés de gîtes d'alluvion sur l'origine desquels ne peut exister le moindre doute.

Les placers aurifères de la province de Minas Geraes, au Brésil, comptent parmi les plus riches de l'Amérique du Sud. On y exploite aussi pour or le conglomérat ferrugineux appelé *canga* (v. p. 364).

Après l'Amérique, c'est l'Australie qui est le continent le plus riche en or (v. p. 279). Des alluvions aurifères s'y sont formées depuis l'époque houillère jusqu'à la période actuelle. L'or s'y rencontre déjà dans les conglomérats et grès houillers et même dans une couche de charbon à Newtown, dans la terre de Van Diémen. Les roches jurassiques sont également aurifères. Mais les placers les plus riches ne se rencontrent que dans le tertiaire, et les plus importants appartiennent, comme en Californie, à l'époque pliocène. On les appelle *deep leads* ; ils sont ordinairement recouverts de nappes de basalte qui alternent avec des dépôts d'eau douce. La puissance des alluvions varie depuis 0^m,25 jusqu'à 6 mètres. — On trouve en outre des

placers locaux, superficiels et récents dans le lit de toutes les rivières de quelque importance qui traversent les couches aurifères. On peut les diviser en placers anciens stationnaires et placers nouveaux mobiles. Les premiers sont situés au-dessus du niveau des hautes eaux actuelles et sont habituellement recouverts de débris récents. Les placers mobiles résultent de l'érosion et du remaniement des placers stationnaires par la rivière elle-même. On trouve dans les placers australiens, outre l'or (on a rencontré à Ballarat une pépite d'or de 184 livres 1/2), du quartz, du diamant, de la topaze, du pléonaste, du saphir, du rutile, de la tourmaline, du zircon, de la limonite, de la magnétite, du fer titané, du wolfram, de la cassitérite, du cinabre, de l'amalgame, du mica, de la hornblende, etc., et des fragments de toutes les roches voisines des gîtes.

En Asie, les Indes étaient connues dès l'antiquité pour leur richesse en or; on trouve en outre de nombreuses alluvions aurifères sur les versants de l'Oural et de l'Altaï.

Dans l'Oural (1), des alluvions aurifères de plus de 100 milles géographiques de longueur, avec des discontinuités plus ou moins importantes, occupent le versant est et une petite partie du versant ouest de la chaîne. D'après Murchison, l'or y provient de gîtes en place, comme les filons de quartz aurifère de Beresowsk (v. p. 229), traversant des roches antérieures à l'époque permienne.

Le terrain sur lequel reposent les alluvions est formé des roches les plus variées, augitophyre, granite, bérésite, serpentine, gneiss, chloritoschiste, talcschiste, phyllade, calcaire, etc. Les dépôts d'or les plus riches se sont trouvés dans les régions où le sous-sol était inégal, accidenté et fissuré. Les alluvions sont formées surtout d'argile et de sable avec fragments des roches les plus

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 532.

diverses ; l'or s'y trouve en grains, en houppes et en pépites, avec un grand nombre de minéraux, tels que : platine, iridium, palladium, iridosmine, cuivre natif, diamant, cinabre, pyrite de fer, chalcopyrite, oligiste, fer titané, magnétite, fer chromé, rutil, brookite, anatase, corindon, zeilanite, quartz, grenat, zircon, etc. Partout où a abondé la magnétite, l'or a abondé en même temps. L'âge de ces placers est certainement très récent, car on y a trouvé des ossements d'*Elephas primigenius* et de *Rhinoceros tichorinus*.

On connaît des placers importants à Miask, sur le versant est de l'Oural, où l'on a trouvé, en 1842, une pépité de 87 livres, à Beresowsk, Nischné-Tagilsk, Bogoslowsk, etc.

Alluvions platinifères. — Le platine n'a été jusqu'ici trouvé que très rarement en place ; mais on l'a rencontré assez souvent dans des gîtes d'alluvion. Il a été découvert dans l'Amérique du Sud, dans la province de Choco (1), en Colombie, où, d'après Boussingault, il provient de filons de quartz aurifère traversant des syénites et se présente dans un sable brun avec l'or natif, le fer chromé, le fer titané, la magnétite. Plus tard il a été trouvé dans l'Oural, à Nischné-Tagilsk (2) et sur d'autres points, avec des grûnsteins, des serpentines et du fer chromé. Le gîte en place n'est pas exactement connu ; mais on a trouvé le métal imprégnant des blocs composés d'olivine et de serpentine. La roche-mère du platine est donc, dans cette région, une péridotite plus ou moins transformée en serpentine.

On a aussi trouvé de temps à autre un peu de platine dans les placers aurifères du Brésil, de Bornéo, de l'Altaï,

(1) Boussingault, *Ann. de chim.* XXXII. p. 209. — *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1827, p. 177 et 1828, p. 564 (Compte-rendu.)

(2) Voir Daubrée, *Géologie expérimentale*, p. 119, 128 et 547 (*Note du traducteur*).

des États-Unis de l'Amérique du Nord situés sur le versant de l'Océan Atlantique, etc.

Alluvions stannifères. — On a trouvé des alluvions stannifères dans l'Erzgebirg saxon, en Cornwall, dans les Indes orientales, en Australie, etc.; tantôt elles recouvraient immédiatement les affleurements des gîtes précédemment décrits (v. p. 242 et suivantes), tantôt elles occupaient le fond de vallées et de gorges ouvertes dans des roches stannifères, ou s'épalaient sur des plaines en relation avec ces vallées. Les plus importantes sont les alluvions stannifères d'Australie et des Indes orientales, dont les dimensions sont en rapport avec le développement des gîtes primitifs.

Nous n'avons pas de détails nouveaux à donner sur ces alluvions; nous devons faire observer seulement qu'elles contiennent généralement beaucoup moins de minéraux que les alluvions aurifères.

127. *Tableau synoptique des types de gîtes métallifères.* — Le tableau suivant donne un résumé général de la répartition des minerais et combinaisons minérales entre les différentes catégories des gîtes métallifères.

A. — GITES PRIMITIFS		B. — GITES DÉTRITIQUES				
NATURE DES MINÉRAIS	I. — GITES STRATIFIÉS			III. — REMPLISSAGES DE CAVITÉS		
	1. Couches homogènes.	2. Couches de sécrétion.	3. Amas stratifiés.	1. REMPLISSAGES DE PENTES OU FILONS	2. REMPLISSAGES DE GROTTES ET IV GITES métamorphiques.	
Minerais de fer et de manganèse.	N° 56. T. d. couches de fer carbonate cristallin ou lithoïde.		N° 73. T. des amas stratifiés de fer carbonate.	Filons dans des roches éruptives.	Filons dans des roches sédimentaires.	N° 124. T. Peine.
	N° 57. T. des couches d'hématite brune ou rouge.			N° 84. T. Zougé.	N° 98 T. Berg zabern.	N° 119. T. Hüggei, N° 120. T. des mines rales en grains N° 121. T. Nassau, N° 122. T. Huelva.
Minerais de cuivre.			N° 74. T. des schistes à fer micacé. N° 75-77. T. des amas stratifiés de magnétite et d'oliviste.	N° 85. T. Ilfeld.	N° 97. T. Rio Albano.	N° 125. T. de la canga brésilienne. N° 126. T. des alluvions métallifères. (alluvions ferrugineuses).
		N° 59. T. Mansfeld. N° 63. T. des fabriques.	N° 81. T. Mednorudjansk.	N° 86. T. Tamaya.	N° 100 T. Mitterberg. N° 101. T. Kleinogl. N° 102 T. Telemarken Cornwall.	N° 123. T. Christiania. N° 114. T. Rio Cares.

Minerais de cobalt et de nickel.	N° 65. T. des fabriques.		N° 87. T. Dobsina. Nauzenbach.	N° 104. T. Rewdinsk. N° 105. T. des filons cobaltifères à gangue spathique. N° 106. T. Schneeberg. N° 107. T. Bräunsdorf. N°s 108 et 109. T. Brand. N° 110. T. Halsbrück.			
Minerais d'argent.	N° 61. T. Commern.	N° 72. T. Sala-Tunaberg. N° 67. T. Arnsberg.	N° 92. T. Pontigbaud.	N° 141. T. Clausthal. N° 112. T. Aveyron.		N°s 115-118. T. Raibl.	
Minerais de plomb et de zinc.	N° 62. T. Austin.	N° 71. T. des amas stratifiés de quartz aurifère.		N° 103. T. Australie-Californie.		N° 126. T. des alluvions métallifères. (alluvions aurifères).	
Minerais d'or.			N° 88 et 89. T. Nagyg.			N° 126. T. des alluvions métallifères. (alluvions platinifères).	
Minerais de platine.			N° 94. T. Altenberg.	N° 96. T. Schlaggenwald.		N° 126. T. des alluvions métallifères. (alluvions stannifères).	
Minerais d'étain.	N° 64. T. Almaden.			N° 113. T. Moschellandsberg.			
Minerais de mercure.	N° 63. T. Arnsberg.		N° 93. T. Magurka.				
Minerais d'antimoine.							

QUATRIÈME PARTIE

THÉORIE DE LA GENÈSE DES GITES MÉTALLIFÈRES

CHAPITRE PREMIER

Origine des minerais et formation des minéraux.

128. *Origine des minerais.* — Lorsqu'on cherche l'origine des éléments, par eux-mêmes éternels, que l'on rencontre à la surface de la terre, et par suite aussi l'origine des métaux, on est obligé, si l'on ne veut remonter jusqu'à cette période primitive de l'histoire du globe sur laquelle l'hypothèse de Kant et de Laplace ne jette qu'une lumière faible et voilée, de la voir dans les roches des formations primitives et dans les roches éruptives des âges les plus divers.

Les schistes cristallins de la formation primitive sont les plus anciens éléments de la croûte terrestre qui soient accessibles à nos observations : ils ont le caractère de roches sédimentaires, c'est-à-dire de masses qui se sont édifiées graduellement par des dépôts successifs au sein de l'eau. Dans ces schistes sont intercalées des couches avec inclusions métallifères (les fahlbandes) et des amas stra-

tifiés métallifères plus nombreux que dans aucune formation postérieure. Bien que, pour quelques-uns de ces gîtes, on puisse se demander s'ils se sont déposés en même temps que les roches qui les entourent ou s'ils y ont pénétré ultérieurement, la plupart d'entre eux sont indubitablement des amas stratifiés véritables, plus récents que leur mur, plus anciens que leur toit. Toute explication exacte du mode de formation des schistes cristallins doit s'appliquer également au mode de formation des dépôts métallifères interstratifiés dans ces schistes.

On sait que trois hypothèses différentes ont été émises sur la formation des schistes cristallins (1). Toutes trois admettent pour base une formation sédimentaire. Pour les partisans des hypothèses du métamorphisme plutonique ou du métamorphisme hydrochimique, les schistes cristallins sont des sédiments ordinaires, calcaires, phyllades, etc., graduellement transformés et métamorphisés dans le cours des siècles : d'après la première hypothèse, le métamorphisme aurait été produit par l'action lente de la chaleur interne du globe ; d'après la seconde, par l'action continue de l'eau. La troisième hypothèse admet une formation cristalline dès l'origine, dans une mer surchauffée, sous la pression d'une atmosphère de grande densité.

L'auteur du présent ouvrage est partisan de cette dernière hypothèse ; soit au point de vue physico-chimique, soit au point de vue géologique, il trouve aussi peu de difficulté à expliquer par un dépôt au sein d'une masse liquide la formation originellement cristalline d'une couche de gneiss ou de micaschiste que celle d'une fahlbande ou d'un amas métallifère.

Quoi qu'il en soit, les matières métallifères déposées par une voie quelconque dans ces couches primitives ont été

(1) H. Credner, *Elemente der Geologie*, 4^e édition, 1878, p. 310. — Voi aussi de Lapparent, *Traité de géologie*, 1883, p. 612 (*N. du trad.*)

de nouveau détruites en partie dans les révolutions ultérieures du globe, pour se redéposer ensuite sur d'autres points et méritent ainsi d'être appelées primitives. Dès que les schistes cristallins se furent déposés sur un fond que nous ne connaissons pas, peut-être sur la croûte de refroidissement du globe terrestre, ils fournirent des matériaux en quantité presque illimitée, dont le remaniement ultérieur par l'eau devait produire des sédiments plus récents, des remplissages de cavités, etc.

Mais cela ne suffisait pas encore. De la profondeur montèrent dans des fentes ouvertes à travers les roches sédimentaires pendant le refroidissement de la croûte terrestre des masses rocheuses, les roches éruptives; elles s'étendirent plus ou moins loin sur la surface qu'offrait alors la croûte et amenèrent ainsi constamment de l'intérieur à la surface des matériaux pour de nouvelles formations. On peut discuter sur l'origine de ces masses éruptives : proviennent-elles de régions placées sous les schistes cristallins ou sont-ce peut-être simplement des sédiments refondus dans la profondeur? La circonstance que la nature des roches éruptives est restée toujours semblable sur toute la surface de la terre et dans tous les temps et qu'elle est complètement indépendante des roches traversées est un fort argument en faveur de la première manière de voir. Or l'activité éruptive amène au jour non seulement des matériaux pierreux que remanieront ensuite les agents atmosphériques, mais aussi des minerais et des métaux. De très belles recherches chimiques récentes, dues à Fr. Sandberger et sur lesquelles nous reviendrons plus loin (n° 152), nous enseignent que les silicates des roches éruptives renferment de petites quantités de métaux. Nous y trouvons aussi des sécrétions de minerais oxydés et sulfurés, par exemple de magnétite dans beaucoup de basaltes, péridotites, etc. (v. p. 189), de chalcopryrite dans les laves de Capo di Bove, de pyrite

magnétique dans un basalte d'Australie (v. p. 197). Il est aussi très probable que les inclusions de pyrite, chalcoppyrite, pyrite magnétique, etc., si fréquentes dans les diabases, les gabbros et les diorites, sont des sécrétions métallifères primitives.

Le départ sous forme de magnétite du fer contenu dans des silicates peut s'opérer par voie de fusion ignée : on trouve en effet ce minerai dans les laves fraîches, dans des basaltes et des roches analogues, en cristaux, squelettes cristallins, grains, pépites et veines primaires. On s'explique ainsi sans difficulté la genèse des gîtes que nous avons groupés dans le type Taberg (n° 78). La possibilité d'un départ pareil pour l'oligiste est un peu douteuse ; si l'on parvenait à en démontrer l'impossibilité, on devrait faire rentrer le gîte d'Iron Mountain (n° 79) dans le type Zorge (n° 84).

Les gîtes du type Mednorudjansk (n° 81), sont moins faciles à comprendre que ceux du type Taberg, parce qu'on n'a pas de preuves géologiques si frappantes de sécrétions de sulfures dans des silicates par voie de fusion ignée. Nous avons déjà cité deux fois la pyrite magnétique d'un basalte d'Australie et la chalcoppyrite des laves de Capo di Bove. Mais ce ne sont là que des phénomènes subordonnés. En décrivant les gîtes de Mednorudjansk, Gumeschewsk, la Balma, etc. (n° 81), nous avons vu que les pyrites se trouvent dans les diorites, les gabbros, etc., non sous forme de remplissages de cavités, mais sous celle de véritables inclusions métallifères : la question se pose de savoir si ce sont des sécrétions ou des imprégnations (p. 84). Si l'on admet comme géologiquement démontré que ces roches sont éruptives, qu'elles ont traversé les sédiments dans un état de fusion ignée (hydatorpyrogène), l'hypothèse consistant à regarder les inclusions pyriteuses qui s'y rencontrent comme des sécrétions devient très probable, si l'on acquiert la certitude que la

fusion ignée de silicates peut amener le départ de sulfures métalliques.

La fusion des sulfures et leur cristallisation par refroidissement lent s'observent tous les jours dans les usines métallurgiques. Du sulfure de cuivre de la composition de la chalcosine cristallise ainsi en octaèdres réguliers; Scheerer a observé aussi la forme rhombique dans des cristaux disséminés sur une galène artificielle rencontrée dans la sole d'un four à reverbère de Freiberg. En faisant fondre les éléments à l'air ou sous une couverture de borax, sel marin, etc., capable d'empêcher l'action de l'air ou de dissoudre les éléments, Fournet, F. de Marigny, E. Schüller et d'autres ont obtenu des masses cristallines et en partie cristallisées de galène, stibine, bismuthine, argent rouge, zinkénite, pyrite magnétique, phillipsite, greenokite et wurtzite, semblables ou tout au moins ressemblant beaucoup aux minéraux naturels. Or, les fours de fusion contenant finalement les sulfures métalliques avec les silicates (laitiers) à l'état fondu, il est très probable que des pyrites peuvent se rencontrer dans des roches éruptives comme formation primitive. Mais il ne faut jamais perdre de vue que ces sécrétions pyriteuses peuvent aussi être produites après coup par des actions de métamorphisme, à peu près de la même manière que le fer chromé dans la transformation des péridotites en serpentine (v. p. 194).

Des considérations analogues aux précédentes pourront être invoquées pour expliquer la formation des filons augitiques et métallifères du Monte-Calvi (n° 91).

Mais l'activité éruptive ne se borne pas à l'épanchement de roches en fusion ignée; leur éruption est ordinairement accompagnée d'émanations gazeuses et de sources chaudes contenant également des métaux. La question de la provenance des éléments de ces vapeurs et sources volcaniques n'est pas susceptible d'une réponse certaine. Leur origine

peut se trouver dans le noyau central à l'état de fusion ignée, mais il est aussi possible que les schistes cristallins cachés dans la profondeur ou d'autres roches métallifères en aient fourni les éléments lorsqu'ils ont été traversés par les roches éruptives. Sans se préoccuper aucunement de la solution de cette question, on peut désigner les vapeurs et les sources volcaniques comme primitives, en attachant à cette expression le même sens que tout à l'heure en parlant des fahlbandes et des amas métallifères des schistes cristallins et des métaux et sécrétions métallifères contenus dans les roches éruptives.

Comme le dépôt des minerais et des minéraux qui les accompagnent en couches et amas stratifiés, dans des cavités, filons et grottes et sous forme de gîtes métamorphiques, exige que les éléments aient été mobiles, c'est-à-dire à l'état liquide ou gazeux, et aient pu ainsi être transportés, il sera d'abord nécessaire d'étudier si et comment les matériaux primitifs ont pu être amenés à cet état de mobilité indispensable.

129. Formation des minéraux. — La question posée peut se résoudre au moyen d'observations sur la production et la destruction des minéraux. Les observations doivent porter sur les points suivants :

A. *Formations contemporaines*, se continuant en quelque sorte sous nos yeux.

B. *Gisements caractéristiques*, révélant clairement les procédés de formation des minéraux.

C. *Formation de minéraux dans des usines et ateliers métallurgiques*.

D. *Minéraux dits artificiels* (1) c'est-à-dire obtenus par l'expérimentation.

(1) C. W. C. Fuchs, *Die künstlich dargestellten Mineralien*, Haarlem, 1872.
Voir aussi Daubrée, *Annales des Mines*, 3^e série, t. XVI, 1859, p. 203
(N. du trad.)

Abstraction faite des mouvements moléculaires des corps solides, que nous n'avons pas à considérer ici, les molécules des corps ne sont mobiles que lorsque ces corps se trouvent à l'état liquide ou à l'état gazeux. Le passage direct de l'état gazeux à l'état solide ou *sublimation* est un procédé par lequel on peut démontrer qu'il se produit des minéraux. L'état liquide s'obtient par voie de *fusion ignée* (voie sèche) ou par *dissolution* (voie humide). La fusion ignée donne des minéraux par refroidissement; les solutions par cristallisation, précipitation, etc., dans des conditions très diverses.

On peut en conséquence établir les distinctions suivantes :

I. — *Formation des minéraux par sublimation* ou action de gaz sur des corps solides.

II. — *Formation des minéraux par fusion et refroidissement.*

III. — *Formation des minéraux par voie humide.*

I. — FORMATION DES MINÉRAUX PAR SUBLIMATION OU ACTION DE GAZ SUR DES CORPS SOLIDES

130. A et B. *Formations contemporaines et gisements caractéristiques.* — On ne voit dans la nature se déposer des produits de sublimation qu'au voisinage des volcans et des incendies souterrains. Ceux-ci ont peu d'importance et peuvent être passés sous silence. Les parois intérieures et extérieures des cratères volcaniques, la surface des coulées de laves et toutes les fentes ouvertes dans ces coulées et dans les montagnes volcaniques sont le point de réunion des minéraux formés par sublimation. Ces minéraux comprennent, non seulement des combinaisons volatiles par elles-mêmes ou dans les vapeurs aqueuses, mais aussi

d'autres qu'aucun agent extérieur ne parvient à volatiliser. Les premières comprennent le soufre natif, le sel marin, le sel ammoniac, l'acide borique et, ce qui est particulièrement intéressant pour nous, le chlorure de fer, le chlorure de cuivre, le chlorure de plomb (Vésuve), l'orpiment et probablement aussi de petites quantités de chlorures de nickel et d'étain (Stromboli).

On connaît depuis longtemps comme produits de sublimation certains minéraux fixes, comme l'oligiste et la tenorite (oxyde de cuivre). G. v. Rath (1), Scacchi (2) et Th. Wolff (3) ont prouvé récemment que toutes sortes de silicates, comme l'augite, la hornblende, le grenat, le mica, l'amphigène, la sodalite, etc., sont incontestablement des produits de sublimation des volcans de l'Eifel et du Vésuve, comme le démontre leur gisement dans des fissures avec de l'oligiste volcanique et d'autres produits de sublimation. On trouve une explication de ces faits si intéressants dans les reproductions artificielles de ces minéraux obtenues par Daubrée, Sénarmont, Hautefeuille, Deville et Caron, au moyen de la décomposition de chlorures et de fluorures volatils en présence de la vapeur d'eau et de l'acide borique anhydre (voir *infra*, n° 132).

131. C. *Formation de minéraux dans les usines et ateliers métallurgiques.* — Les opérations de grillage et de fusion dans les usines métallurgiques donnent fréquemment naissance, comme l'on pouvait s'y attendre, à des produits de sublimation dont les propriétés essentielles sont identiques à celles des minéraux naturels, comme par exemple la galène, la blende, le réalgar, l'acide arsénieux (arsénolite), etc. On a aussi trouvé en démolissant des hauts-fourneaux, par exemple à l'usine à fer d'Olsberg, du

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1866, p. 823.

(2) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1872, t. XXIV, p. 493.

(3) *Verhandl. d. naturh. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf.*, 1867, t. XXIV, p. 31 (Verhandl.)

quartz en fibres, en houppes ou en masses tendres et friables, dans des conditions ne permettant pas de douter qu'il eût été produit par sublimation. On a rencontré de même dans les débris des fours de fusion pour schiste cuivreux des usines du Mansfeld, à Sangershausen et Leimbach et dans ceux d'un haut-fourneau de la *Josephshütte*, près de Stolberg (Hartz), des cristaux de feldspath formés par sublimation à la suite de l'emploi de la fluorine comme fondant : la genèse de ces cristaux, ainsi que celle du quartz dont nous venons de parler, s'explique par les expériences de Daubrée, Hautefeuille et Deville (voir infra).

132. D. *Minéraux artificiels*. — D'après G.-W.-G. Fuchs (*loc. cit.*), les minéraux artificiels obtenus par l'emploi des gaz et des vapeurs se groupent comme suit, en minéraux produits

a. — par sublimation ;

b. — par décomposition de vapeurs à haute température ;

c. — par action des gaz et vapeurs sur des corps fixes fortement chauffés.

a. *Sublimation*. — Par sublimation à l'abri du contact de l'air, on peut produire ou l'on obtient dans les opérations métallurgiques :

l'*arsenic natif*, souvent en beaux rhomboèdres ;

la *galène*, en magnifiques cristaux cubiques, généralement disposés en trémies ;

la *blende*, de diverses couleurs, brune, jaunâtre, verte, noire, en masses cristallines, plus rarement en cristaux ;

le *cinabre*, en agrégats filamenteux, rarement en cristaux ;

la *stibine*, en cristaux aigus ;

le *réalgar* et l'*orpiment*, généralement en masses cristallines, moins souvent en cristaux ;

l'*arsénolite*, l'*exitèle* et la *sénarmontite* ; à basse température, on obtient les variétés appartenant au système

régulier; à haute température, celles du système rhombique;

le *calomel*, le *sel gemme*, la *sylvine* et le *salmiac*, en cristaux ou en masses cristallines.

Sainte-Claire-Deville et Troost ont constaté que les précipités amorphes de sulfure de cadmium et de sulfure de zinc subliment sous forme de *greenokite* et de *wurtzite* lorsqu'ils sont calcinés dans un courant d'hydrogène.

b. Décomposition de vapeurs à haute température. — Si l'on fait agir au rouge de l'hydrogène sulfuré ou de la vapeur d'eau sur des chlorures et fluorures volatils, on obtient la séparation par sublimation de sulfures et d'oxydes métalliques qui ne sont pas volatils par eux-mêmes. Ces expériences expliquent la présence indiquée plus haut du fer oligiste, de la tenorite, de l'augite, de la hornblende, du grenat, du mica, de l'amphigène, de la sodalite, etc., comme produits de sublimation dans les volcans, et celle du quartz et du feldspath dans les hauts fourneaux (v. p. 383 et 384).

1° Durocher, en faisant agir l'hydrogène sulfuré sur des chlorures métalliques, a produit artificiellement de l'argyro-rose, de la chalcosine, de la *greenokite*, de la blende, de la stibine, de la bismuthine, de la pyrite de fer et même, en employant des mélanges convenables, du cuivre gris et de l'argent rouge. Les combinaisons obtenues étaient en partie nettement cristallisées, comme par exemple la chalcosine, la blende, la stibine, la pyrite de fer et le cuivre gris.

2° On doit aux travaux de Daubrée, Sainte-Claire-Deville et Sénarmont la préparation d'oxydes par l'action de la vapeur d'eau au rouge sur les combinaisons du magnésium, du fer, de l'étain, du titane et du silicium avec le chlore. On a obtenu ainsi la périclase, l'oligiste, la cassitérite, le rutile et le quartz, parfois en cristaux distincts.

3° Hautefeuille a obtenu des cristaux de corindon et de

rutile en faisant agir la vapeur d'eau sur les combinaisons de l'aluminium et du titane avec le fluor.

4° En employant les fluorures et l'acide borique anhydre, au rouge, Sainte-Claire-Deville et Caron ont produit le cymophane, le corindon, la magnétite et la gahnite.

c. Action de gaz et de vapeurs sur des corps fortement chauffés. — 1° Si l'on fait passer au rouge un courant d'hydrogène sulfuré sur de l'oxyde de zinc, de cadmium, de fer, on obtient la wurtzite, la greenokite et la pyrite de fer en cristaux. Rammelsberg a même obtenu de la pyrite de fer épigénie de magnétite et d'hématite rouge en faisant agir l'hydrogène sulfuré sur ces minéraux, à une température comprise entre 100° et le rouge.

2° La vapeur d'eau au rouge oxyde quelques métaux. On obtient des cristaux d'oxyde de zinc, d'acide antimonieux rhombique (exitèle), en faisant agir la vapeur d'eau sur du zinc ou de l'antimoine, à la chaleur rouge.

3° Les carbures d'hydrogène gazeux réduisent à l'état métallique les oxydes de cuivre, de cobalt et de bismuth. En les faisant agir sur des roches silicatées, telles que l'hypersthénite, le basalte, le mélaphyre, Daubrée a obtenu par réduction des masses analogues aux fers météoriques;

4° De même que l'action de la vapeur d'eau sur des chlorures volatils produit des oxydes, on en obtient aussi en faisant agir au rouge les chlorures sur de la chaux caustique ou sur de la magnésie. Daubrée a obtenu par cette méthode la périclase, l'oxyde de zinc, l'oligiste, la cassitérite, le spinelle, la gahnite, la franklinite, etc. Un point très intéressant est le suivant : le chlorure de silicium, en agissant sur la chaux caustique, l'alumine, la glucine, donne naissance à des silicates divers, tels que le disthène, la phénakite et à du quartz ; on obtient de

l'apatite en faisant passer du chlorure de phosphore sur de la chaux caustique chauffée au rouge;

5° Sainte-Claire-Deville a reproduit la willémité, la staurotite et le zircon en faisant passer un courant de fluorure de silicium sur de l'oxyde de zinc, de l'alumine et de la zircone, à la température rouge. Il se forme alors, outre les silicates, des fluorures volatils de zinc, d'aluminium et de zirconium qui, au contact de la silice, reproduisent du fluorure de silicium et des oxydes. On peut dès lors, avec une faible quantité de fluorure de silicium, produire des quantités illimitées de silicates, en faisant passer les gaz résultant des réactions alternativement sur des oxydes et sur de la silice, dans des tubes chauffés au rouge.

II. — FORMATION DES MINÉRAUX PAR FUSION ET REFROIDISSEMENT

133. A et B. *Formations contemporaines et gisements caractéristiques.* — Les laves et les autres roches éruptives contiennent en très grande abondance des sécrétions de silicates et de magnétite; Th. Wolff a prouvé récemment, en étudiant les laves quartzéuses et andésitiques de l'Antisana et du Quamani (1), que les sécrétions de quartz sont aussi l'un des éléments essentiels de la roche. Mais tous les minéraux contenus dans les roches éruptives ne sont pas des sécrétions formées pendant le refroidissement d'une masse fondue; certains d'entre eux sont des imprégnations ou résultent d'actions métamorphiques ultérieures. La distinction doit se faire dans chaque espèce suivant les caractères particuliers de la roche; elle présente souvent de grandes difficultés.

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1874, p. 377.

134. C et D. *Formation de minéraux dans les usines et ateliers métallurgiques et minéraux artificiels.* —

Les opérations de fusion des usines métallurgiques et des laboratoires donnent naissance à des masses cristallines et à des cristaux de métaux et de combinaisons métalliques. On a produit par la fusion directe des éléments l'ullmannite, l'argent arsenical, le discrase, la galène, la stibine, la chalcosine, la covelline, la phillipsite, la bismuthine, l'argent rouge, la zinkénite, la pyrite magnétique, l'augite, l'idocrase, le grenat, le feldspath, le sphène, la perowskite, l'apatite, etc.

L'emploi du borax, du sel marin, etc., pour empêcher un refroidissement trop rapide et pour prévenir l'accès de l'air a permis d'obtenir la galène, le corindon, la magnérite, la hausmannite, la boracite, l'apatite, etc.

Certains lits de fusion ont la propriété de dissoudre les corps et de les laisser ensuite, en se refroidissant, s'isoler sous forme cristalline. En employant ainsi le borax, la potasse, le sel de phosphore et des hépars, on a obtenu le spinelle, l'olivine, le corindon, la diopside, la tridymite, l'anatase, l'oligiste, la greenokite, etc.

III. — FORMATION DES MINÉRAUX PAR VOIE HUMIDE

135. A. *Formations contemporaines.* — L'eau est un des agents les plus puissants de la terre; son action calme et continue détruit les montagnes et élève des formations nouvelles; elle dissout à la longue les minéraux qui nous paraissent insolubles, les réduit en fragments et abandonne presque partout, dans les fentes et les cavités, de même qu'à la surface, des dépôts minéraux nouveaux.

Les manifestations volcaniques, coulées de laves et émanations gazeuses, ne se produisent jamais que dans un

espace limité, tandis que l'action de l'eau s'exerce sur tous les points de l'intérieur et de la surface de la terre. Elle jaillit, au voisinage des volcans ou lorsqu'elle vient d'une grande profondeur, sous forme de sources thermales richement minéralisées et elle circule presque partout dans les fentes et pores des roches sous forme de solution étendue; elle se rassemble en constituant des sources, des ruisseaux et des rivières, va se perdre dans la mer, puis s'évapore, retombe sur la terre et recommence sa carrière, en continuant à former des minéraux et à en détruire.

a. Dépôts de sources. — Les sources chaudes ou froides qui jaillissent de la terre contiennent la plupart des éléments à l'état de dissolution; leur activité minéralisatrice se reconnaît en conséquence de la manière la plus claire dans les dépôts qu'elles forment (1). Tout le monde connaît, à cause de leur fréquence, les dépôts de silice (geysers), les tufs calcaires, les hydroxydes de fer déposés par les sources chaudes ou froides.

L'analyse a reconnu dans les dépôts de silice hydratée de petites quantités d'alumine, d'oxyde de fer, de chaux, de magnésie, de potasse, de soude et d'acide sulfurique. Les dépôts calcaires sont beaucoup plus riches en matières étrangères finement disséminées : on y a trouvé des carbonates de magnésie, de strontiane, de baryte, de protoxyde de fer; de la baryte sulfatée; des phosphates de chaux, de fer et d'alumine; des oxydes de fer et de manganèse; de la silice; du fluorure de calcium; de l'acide arsénieux; des oxydes de cuivre et de plomb. Toutes ces substances se trouvaient naturellement en dissolution dans les eaux des sources, qui les avaient enlevées aux roches à travers lesquelles circulaient leurs canaux souterrains.

Les dépôts ocreux et ferrugineux contiennent généralement un peu de manganèse, mais on en connaît aussi où

(1) G. Bischof, *Lehrb. d. chem. u. physik. Geol.*, 1863, t. I, p. 527.

les oxydes de manganèse sont si abondants que, traités par l'acide chlorhydrique, ils dégagent beaucoup de chlore ; c'est ainsi que, d'après Townsend, on connaît, au cap de Bonne-Espérance, une source à la température de 43°,4 C. qui dépose partout, jusqu'à une grande distance, d'épaisses incrustations d'oxyde de manganèse. Kersten décrit un minéral analogue à l'acérodèse déposé près de Carlsbad, par une source à la température de 20° C. On comprend aisément que les eaux, saturées d'acide carbonique, aient enlevé aux roches traversées le fer et le manganèse qu'elles contenaient et que ces substances se soient ensuite de nouveau déposées au moment du départ de l'acide carbonique à l'air.

Une observation très intéressante et très importante pour l'explication de la genèse des gîtes métallifères est celle qui montre qu'il se forme de la pyrite de fer lorsque des sources ferrugineuses coulent sur des matières organiques en décomposition, dégageant de l'acide sulfhydrique. Nöggerath (1) a trouvé dans des alluvions à Roisdorf, près de Bonn, à 2 mètres environ au-dessous de la surface, dans un sol tourbeux, des galets roulés de quartz et de grauwacke, revêtus d'un enduit mince, mais brillant, de pyrite de fer. Cette découverte s'explique aisément par l'existence en ce point d'une source minérale qui contient entre autres sels du sulfate de soude et du carbonate de fer. Le sulfate de soude est réduit par les restes de végétaux en décomposition et l'acide sulfhydrique ainsi formé au contact du sel de fer produit de la pyrite.

Forchhammer a observé un phénomène analogue sur la côte de l'île de Bornholm (2), aux points où des fucus en décomposition se trouvent en contact avec les eaux d'une source ferrugineuse. La cendre des fucus contient beau-

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1836, p. 580.

(2) G. Bischof, *Lehrb. d. chem. u. physik. Geologie*, 1847, t. I, p. 925.

coup de sulfates qui sont réduits par suite de la décomposition des plantes marines et produisent d'abondants dégagements d'hydrogène sulfuré. « On peut observer très nettement cette décomposition sur la côte ouest de l'île de Bornholm, où une source ferrugineuse sortant de l'oolithe inférieure se jette dans une petite baie sur la côte de laquelle la mer ramène continuellement beaucoup de *fucus vesiculosus*. Tous les galets du fond sont revêtus d'une belle enveloppe jaune de pyrite qui se conserve sans altération tant qu'elle est recouverte d'eau salée, mais se change en sulfate lorsqu'elle reste exposée à l'air. »

Longchamp a observé des formations de pyrite de fer aux sources thermales de Chaudesaigues (Cantal); Næggerath, aux thermes d'Aix-la-Chapelle; Bischof, à la source de Burgbrohl, sur le Rhin; sur ce dernier point, la pyrite a été trouvée dans un tronc creux qui avait servi précédemment de conduite d'eau.

Les dépôts de sources minérales dans d'anciennes maçonneries romaines étudiés par Daubrée à Plombières, à Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) et en d'autres points présentent le plus haut intérêt.

Plombières (1) se trouve dans une vallée dont le fond est formé de granite et les flancs de grès bigarré. Les sources, dont la température est de 73° C., jaillissent aux salbandes de filons de quartz et de fluorine contenant de la barytine, de la pyrite de fer, de l'hématite rouge, etc. et traversant le granite. Les Romains avaient dérivé les eaux de la vallée et capté les sources au moyen de murs et d'une nappe de béton; cette nappe, dont l'épaisseur atteint parfois 3 mètres, repose en partie sur le granite, en partie sur du gravier d'alluvion. Elle est formée de fragments de briques et de grès bigarré, avec ciment cal-

(1) Daubrée, *Ann. des Mines*, 5^e série, t. XIII, 1858, p. 227 et *Géologie expérimentale*, p. 180.

caire et s'étend sur une longueur de plus de 90 mètres. Elle a été recouverte plus tard de débris et de constructions. En y pratiquant des fouilles, on trouva les briques et le mortier complètement transformés par les sources, qui contiennent du silicate de potasse, des fluorures, etc.; partout les cavités de la maçonnerie étaient couvertes d'enduits minéraux mamelonnés et parfois cristallisés, parmi lesquels Daubrée reconnut beaucoup de zéolithes, comme l'apophyllite, la chabasia, la gismondine, la mésotype, la plombiërite, puis de l'opale, de l'arragonite, de la calcite et de la fluorine; le tout rappelait les remplissages des cavités des basaltes amygdaloïdes. On trouva de petits cristaux de sulfure de cuivre rhombique (chalcosine) sur un coq romain en bronze, qui fut retiré des fouilles après un enfouissement de plus de 15 siècles.

A Bourbonne-les-Bains (1), Daubrée trouva dans un puits, dit *puisard romain*, mis à sec pour l'exécution d'un sondage, une boue argileuse noire renfermant des restes de végétaux, tels que des morceaux de bois, des noisettes, etc., des médailles romaines et d'autres objets en bronze, en argent et en or. Le bronze était recouvert extérieurement d'une couche blanche d'oxyde d'étain et les objets d'art présentaient à leur surface les minéraux les plus intéressants en partie bien cristallisés. On y trouva de la chalcosine, de la covelline, de la pyrite de fer, de la phillipsite, du cuivre gris, de la galène, du sulfate de plomb, du chlorure de plomb, de la limonite. Les sources qui avaient formé ces minéraux sur les objets métalliques sont à la température de 60° C.; elles contiennent des chlorures et des sulfates de potasse et de soude, de chaux et de magnésie. Comme à Plombières, toutes sortes

(1) Daubrée, *Comptes-rendus*, LXXX et LXXXI; — *Ann. des Mines*, 7^e série, t. VII, 1875, p. 439; — *Géologie expérimentale*, p. 199. (N. du trad.)

de zéolithes s'étaient formées dans les cavités du mortier.

« En mettant à découvert les travaux de captage d'une source aux bains militaires de Carlsbad, on trouva des cristaux de barytine ayant jusqu'à 13 millimètres, de couleur jaunâtre, qui avaient été déposés par la source. » (G. W. C. Fuchs, *loc. cit.*, p. 159).

b. Dépôts stalactitiques et stalagmitiques dans les mines. — Après avoir étudié les dépôts des sources, on peut trouver aussi des enseignements intéressants dans l'examen des dépôts formés par les eaux dans les mines. Les stalactites calcaires et les ocres ferrugineuses se rencontrent presque partout; le wad et les ocres fortement manganésifères ne sont pas rares. La smithsonite, comme le calcaire, se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique. Aussi trouve-t-on la smithsonite et la zinconise comme formations contemporaines dans les mines de calamine, par exemple dans celles de Santander, où l'on a rencontré des ossements d'*Elephas primigenius*, complètement entourés de zinconise (1). Des ossements d'une variété encore vivante de chauve-souris s'étaient recouverts de smithsonite (2), d'après F. Roemer, à la mine de Joworsnow, dans le district de Krakau. Des incrustations pareilles ont été décrites dès 1843 par Næggerath (3), comme déposées dans des mines de la Haute-Silésie sur des feuilles d'arbre et sur des bois de soutènement.

Des enduits de céruse (4), de l'épaisseur du doigt, recouvraient les parois de la galerie *Élisabeth*, au Bleiberg, près de Commern, lorsque cette galerie fut réouverte après un repos d'un siècle environ; le même minéral s'est trouvé en belles stalactites dans les vieux travaux du Bleiberg de

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1864, p. 930.

(2) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, t. XVIII, 1866, p. 15.

(3) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1843, p. 784.

(4) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1858, p. 216.

Saint-Avoid (1). L'érythrine et l'annabergite (2) cimentent les fragments laissés dans les vieux travaux de la mine *Louise*, à Horhausen, et le toit d'une galerie qui avait traversé une sidérose abondamment mélangée de smaltine s'est trouvé revêtu sur un millimètre environ d'un enduit de ces minéraux.

Toutes ces formations contemporaines sont moins étonnantes que la formation récente de silicates, de sulfures métalliques et de cuivre natif.

Parmi les silicates, il convient de citer l'allophane qui recouvrait abondamment le toit, le mur et les parois de la *galerie bleue*, à Zuckmantel (3), après une interruption de quelques années de l'exploitation de cette galerie. Le feldspath du micaschiste dans lequel elle est tracée fournissait en se décomposant sous l'action de l'air et de l'eau les silicates alcalins et le silicate d'alumine, la chalcoppyrite du gîte, le sulfate de cuivre, nécessaires pour la formation de l'allophane.

Les sulfures métalliques et le cuivre natif ne se trouvent jamais que sur de vieux boisages ou sur des points où des matières en décomposition ont pu exercer une influence réductrice. C'est ainsi qu'aux mines *Altglück* (4), à Bennerscheid et *Silbersand* (5), à Mayen, dans la Prusse-Rhénane, les vieux bois de mines se sont montrés parfois recouverts d'une croûte de blende. Cette blende résulte d'une régénération : le minéral primitif, en s'oxydant, avait donné du sulfate de zinc qui s'était réduit de nouveau à l'état de sulfure au contact du bois en décomposition.

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1866, p. 423.

(2) *Zeitschr. f. d. Berg, Hütten u. Salinenw. im preuss. Staat*, t. XIII, 1865, p. 27.

(3) G. Bischof, *loc. cit.*, 1866, t. III, p. 715.

(4) Schweigger et Seidels, *Jahrb. f. Chemie*, 1832. — *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1833, p. 204.

(5) G. v. Rath, *Poggend. Ann.* CXXXVI, p. 430. — *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1869, p. 747.

En raison de la grande insolubilité du sulfate de plomb, la galène régénérée est très rare, mais elle paraît cependant avoir été rencontrée; c'est ainsi que, d'après Freyer (1), « on a trouvé, dans les vieux travaux d'une mine exploitée en Carniole à la fin du siècle dernier du charbon de bois, recouvert d'un enduit de galène cristallisée. »

La formation de cuivre natif dans les vieux travaux de mines est fréquente. Il s'est déposé à Rio Tinto (2) en cristaux sur les boisages d'une vieille galerie romaine. En réouvrant une vieille galerie d'écoulement à Maidanpeck, en Serbie (3), on en trouva les bois entièrement couverts de cuivre de ciment; les fragments épars dans les travaux anciens étaient cimentés par du cuivre natif. A la mine de cuivre pyriteux de Grasslitz, dans l'Erzgebirg saxon, des masses dendritiques de cuivre occupaient, au milieu d'une ocre ferrugineuse, une faille traversée par les eaux de surface. La formation du cuivre natif s'explique aisément dans tous ces exemples par la décomposition de la chalcoppyrite et la réduction des sels produits, sous l'influence de substances organiques.

136. B. *Gisements caractéristiques.* — Si la formation des minéraux par voie humide peut être reconnue directement et avec certitude dans les dépôts des sources et des eaux de mines, on peut arriver à une certitude presque égale par l'étude des gisements et de la manière d'être des minéraux.

a. *Gisement des minéraux dans les roches sédimentaires.* — Les minéraux qui font partie intégrante de véritables roches sédimentaires inaltérées ont nécessairement été formés par voie humide. Nous nous bornerons, au milieu d'une infinité d'exemples, à en choisir un bien

(1) G. Bischof, *loc. cit.*, 1866, t. III, p. 737.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1862, p. 41.

(3) *Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst.*, 1851, p. 57.

frappant, le gisement de minéraux dans du charbon et dans des combustibles fossiles des formations les plus variées (1). On y trouve, d'après Loretz, les minéraux inorganiques suivants : limonite (minerai de fer des marais), vivianite terreuse, sidérose, sous forme de sphérosidérite argileuse, pyrite, marcasite, avec leurs produits d'altération, gypse, sel de Glauber, epsomite, halotrichite, alun, soufre natif, galène, chalcopyrite, blende, phillipsite, cinabre, quartz, opale, calcite, dolomie, barytine, célestine, allophane, fluorine, réalgar, orpiment.

La liste précédente ne comprend qu'un silicate, l'allophane, qui se dépose aussi dans les galeries de mines (v. p. 394). Mais la possibilité du dépôt par voie humide d'autres silicates dans les couches sédimentaires est établie clairement par la découverte due à O. Volger (2) d'un feldspath analogue à l'adulaire associé au quartz, à la fluorine et au mica, entre les galets d'un conglomérat houïler d'Oberwiesa, en Saxe.

b. Fossiles minéralisés. — L'existence de fossiles minéralisés est très propre à démontrer la formation par voie humide des minéraux qui se sont ainsi déposés (3). On sait que les minéraux que l'on rencontre le plus fréquemment dans ces conditions sont la calcite, le quartz, le jaspe, la calcédoine, la pierre à feu, l'opale et la pyrite; on a trouvé en outre la sidérose, la smithsonite, la céruse, la limonite, l'hématite rouge, la barytine, la célestine, le gypse, la fluorine, la vivianite, la wulfénite, le talc, la chlorite, la pyrophyllite, le cuivre natif, la blende, la galène, la chalcopyrite, la phillipsite, le cinabre. Lorsqu'on rencontre par exemple dans les compartiments des co-

(1) H. Loretz, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1863, p. 654.

(2) O. Volger, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1864, p. 4.

(3) R. Blum, *Die Pseudomorphosen des Mineralreichs*, 1^{er}, 2^e et 3^e supplément.

quilles de céphalopodes (1) du cristal de roche, de la calcite, de la sidérose, de la barytine, de la célestine, de la gœthite, de la pyrite de fer, de la blende et de la chalcoppyrite, on a le témoignage le plus éclatant et le plus irrécusable que ces minéraux ont cristallisé dans le sein de solutions aqueuses. On trouve un témoignage non moins irrécusable d'une formation récente de galène par voie humide dans la région plombifère du Haut-Mississipi, où l'on a découvert dans des fentes communiquant avec le jour des ossements de mastodonte et d'éléphant cimentés et recouverts par de la galène (v. p. 324).

c. Pseudomorphoses de minéraux. — Les pseudomorphoses minérales (2) peuvent être produites par des vapeurs (v. p. 386) ou par des liquides. Mais le gisement et la nature chimique de la plupart d'entre elles excluent l'hypothèse d'une formation par des vapeurs et indiquent au contraire nettement un dépôt par voie humide.

d. Gisement de minéraux en mélanges zonés. — Une disposition zonée des éléments des couches et croûtes permet toujours de conclure à un dépôt au sein d'une masse liquide; elle est en effet sans exemple et fort improbable dans les produits obtenus par voie sèche et peut tout au plus se rencontrer dans des produits de sublimation.

e. Association de minéraux de fusibilités très différentes. — Enfin l'on peut encore tirer des conclusions de la rencontre de minéraux très fusibles ou de l'association de ces minéraux avec d'autres difficilement fusibles. Lorsque par exemple on trouve au lac Supérieur (Amérique du Nord), le cuivre natif en mélange avec des pépites d'argent natif, on a sous les yeux une preuve certaine de la formation de ces métaux par voie humide. Si en effet ils

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1847, p. 493.

(2) R. Blum, *loc. cit.* — E. Geinitz, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1875, p. 449.

avaient été fondus, ils n'auraient pu subsister l'un à côté de l'autre et se seraient nécessairement alliés.

On connaît dans les géodes de Felsobanya, en Hongrie (v. p. 224), des cristaux bacillaires de stibine, minéral extrêmement fusible, que recouvrent et qu'enveloppent en partie de beaux cristaux tabulaires de barytine : cette association prouve que la barytine a cristallisé par voie humide, car les cristaux de stibine n'auraient pu résister au sein d'une masse fondue.

137. G et D. *Formation de minéraux dans des usines et ateliers métallurgiques et minéraux artificiels.* — Les corps les plus répandus dans la nature sont ceux qui sont insolubles dans l'eau, parce que l'eau se rencontre partout et est toujours prête à détruire et à enlever les substances solubles. Le combat dure jusqu'à ce que l'érosion se heurte aux combinaisons les moins solubles dans les conditions données, c'est-à-dire aux roches et aux gîtes métallifères qui y sont contenus. Lorsque l'eau contient de l'acide carbonique et de l'air, quelques minéraux à peine, comme le platine et l'or, y sont complètement insolubles ; souvent ce ne sont que des traces qui se dissolvent, mais toutes ces traces réunies finissent par faire à la longue des quantités importantes. Il semble que la nature emploie surtout de ces solutions extrêmement étendues, mais elle parvient à en tirer de grands effets. Il est souvent tout à fait impossible, faute de temps, d'imiter dans le laboratoire les procédés de la nature. On peut, par l'emploi d'une pression et d'une température élevées, augmenter beaucoup la faculté dissolvante de l'eau et obtenir ainsi des résultats qui seraient impossibles à réaliser dans les conditions ordinaires. Si les phénomènes que l'on imite ainsi ne peuvent aujourd'hui se produire qu'à de grandes profondeurs, ils se produisaient peut-être plus près de la surface ou à la surface même dans d'autres périodes géologiques, pendant lesquelles la terre était plus chaude et l'atmos-

phère plus dense qu'à l'époque actuelle; ils échappent par suite à l'observation et peuvent et doivent seulement être admis comme possibles et probables. Il convient en conséquence d'étudier séparément les minéraux artificiels obtenus à la pression et à la température ordinaires et ceux qui exigent une pression et une température plus élevées.

1° *Formation de minéraux à la pression et à la température ordinaires.*

a. — En faisant simplement dissoudre les corps dans l'eau à une température inférieure à 100° et laissant ensuite refroidir ou faisant évaporer la dissolution, on n'arrive à faire cristalliser ou à isoler sous d'autres formes que les substances les plus solubles, comme le sel gemme, l'alun, le gypse. La présence de certains sels augmente dans beaucoup de cas le pouvoir dissolvant. C'est ainsi par exemple que, d'après Bischof, 10.000 parties d'eau pure dissolvent 1 partie de silice amorphe, tandis que, additionnées d'un peu de carbonate de soude elles en dissolvent environ 5 fois plus. Il est en somme peu important pour l'objet qui nous occupe de savoir que la dissolution de soufre dans le sulfure de carbone laisse déposer des cristaux de soufre, ou celle de chlorure d'argent dans l'ammoniaque des cristaux de chlorure d'argent.

b. — L'eau chargée d'acide carbonique est, abstraction faite de l'action destructive de ce gaz qui produit les dissolutions les plus variées, un dissolvant très puissant pour certains corps, notamment pour les carbonates. Les carbonates de chaux, de magnésie, de protoxyde de fer ou de manganèse, de zinc, s'y dissolvent aisément en passant à l'état de bicarbonates; ils se déposent ensuite à nouveau, souvent même en cristaux, lorsque l'acide carbonique en excès se dégage. On réussit facilement ainsi à faire cristalliser le carbonate de chaux, tantôt sous forme de calcite, tantôt sous forme d'arragonite, selon la température et

selon les substances étrangères que l'on ajoute à la dissolution.

c. — Les réactions réciproques de corps différents mis en présence à l'état de dissolution ouvrent un champ très vaste à l'activité chimique. Il se produit alors une séparation ou précipitation des corps insolubles dans le liquide considéré. Ces précipitations sont causées par des phénomènes d'oxydation et de réduction ou par des décompositions mutuelles suivant les lois de l'affinité chimique. Mais si l'on produit tous les jours des précipités dans les laboratoires, il est extrêmement rare que ces précipités aient la forme et les propriétés des minéraux naturels. La cause en est dans la rapidité du phénomène et celle-ci est une conséquence de la concentration des solutions. Les efforts pour reproduire des combinaisons jouissant des propriétés physiques des minéraux tendent habituellement à ralentir les phénomènes.

On sait que les précipités de sulfures de la composition de la galène, de la blende, etc., obtenus par l'action de l'acide sulfhydrique sur des dissolutions métalliques, sont amorphes. Mais, d'après G. Bischof, on peut obtenir, en petite quantité il est vrai, le sulfure de plomb avec les propriétés physiques de la galène, en faisant passer un courant très lent d'hydrogène sulfuré dans des solutions plombeuses extrêmement étendues. C. Flach, ayant placé un bâton de soufre dans une solution alcaline de plomb, observa après une année des cubes de galène reconnaissables à l'œil nu. Becquerel obtint en quatre ou six semaines, sous l'influence d'un courant galvanique, des tétraèdres (?) de galène, en plaçant au fond d'un matras de verre du sulfure de mercure, versant par-dessus une solution de chlorure de magnésium et introduisant jusqu'au fond du matras une feuille de plomb. Pour imiter la formation naturelle de pyrite de Roisdorf et de Bornholm (v. p. 390), G. Bischof mit un peu de sucre dans une bou-

teille remplie d'eau ferrugineuse additionnée de sulfate de soude, qu'il ferma ensuite hermétiquement. Après trois ans et demi, il constata le dépôt d'une poudre noire de la composition de la pyrite, dans le sein du liquide devenu fortement sulfhydrique, mais la poudre noire produite n'avait pas encore l'éclat métallique de la pyrite. Bakewell raconte d'autre part que des restes de souris qui étaient tombés dans un verre contenant du sulfate de fer et y avaient séjourné quelques années s'étaient entièrement couverts de petits cristaux de pyrite de fer. Un fait intéressant est la présence, rapportée par Kerner, de dendrites de chalcosine sur le parchemin d'un vieux livre à fermoir de laiton.

Lorsqu'on isole la silice en décomposant un silicate alcalin quelconque, elle se présente toujours, lorsqu'elle ne se redissout pas, à l'état amorphe et l'on n'arrive pas, dans les conditions ordinaires, à faire cristalliser du quartz. Mais Becquerel, ayant introduit de petites lamelles de gypse dans une solution très étendue de silicate de potasse et abandonné longtemps à lui-même le ballon imparfaitement fermé qui contenait la dissolution, vit se séparer non seulement de la calcite, mais encore de la silice, en partie amorphe, en partie en petites lamelles biréfringentes, c'est-à-dire probablement à l'état de quartz. Le phénomène s'explique aisément : l'acide carbonique de l'air avait décomposé le silicate de potasse et produit la séparation de la silice ; le carbonate de potasse produit avait à son tour, en présence du gypse, donné naissance à du sulfate de potasse et à du carbonate de chaux. D'après Cross, on obtient du quartz distinctement cristallisé en exposant de l'acide hydrofluosilicique ou une solution de silicate de chaux à l'action prolongée pendant des années d'un courant électrique.

Si l'on met en présence des solutions étendues de carbonate de soude et de chlorure de calcium, on voit se sé-

parer, selon la température et le degré de concentration des liqueurs, de la calcite ou de l'arragonite. G. Rose a obtenu après plusieurs années des cristaux d'arragonite en employant la diffusion des solutions; il avait introduit dans un grand tonneau rempli d'eau deux ballons de 0^m,10 de hauteur contenant, l'un du carbonate de soude calciné, l'autre du chlorure de calcium. Macé a obtenu de la barytine cristallisée en faisant communiquer au moyen d'un fil jouant le rôle de siphon deux verres à pied, dont l'un renfermait une solution étendue de nitrate de baryte et l'autre une solution également étendue de sulfate de protoxyde de fer. En mélangeant très lentement des solutions de gypse et de fluorure de barium, Scheerer et Drechsel ont produit des cristaux de barytine et de fluorine.

L'emploi des méthodes dont nous venons de donner une idée et d'autres analogues a permis d'obtenir encore diverses autres combinaisons reproduisant les formes des minéraux naturels, par exemple l'argent natif, le cuivre natif, la cuprite, la dolomie, la withérite, la céruse, l'anglésite, la vivianite, le minium, le chlorure d'argent.

On comprend aisément que la reproduction des minéraux amorphes par précipitation artificielle soit plus facile à obtenir; nous nous bornerons ici à mentionner la reproduction, par A. Knop, d'une substance analogue à la limonite cuprifère par l'action de carbonates alcalins sur un mélange de sulfates de fer et de cuivre et celle de la zinconise par Rose, au moyen de l'action du carbonate de soude sur le sulfate de zinc.

2^e Formation de minéraux d'une température et d'une pression élevées.

Le pouvoir dissolvant et les réactions des liquides sont beaucoup plus énergiques lorsque la température et la pression s'élèvent au-dessus de la température et de la pression ordinaires. Les expériences se font en chauffant les liquides dans une marmite de Papin ou mieux dans

des tubes de verre très résistants et fermés ou dans des tubes fermés en fer.

Les solutions d'acide silicique qui, à la température ordinaire, ne laissent pas se déposer de cristaux de quartz le font, d'après Schafhäütl, lorsqu'elles sont chauffées dans une marmite de Papin. En faisant évaporer une dissolution de silice, Schafhäütl a obtenu en huit jours des cristaux de quartz ordinaires (faces ∞ P et P, dans la notation de Naumann). « D'après Sénarmont, on obtient la silice en cristaux microscopiques présentant la forme et toutes les propriétés du cristal de roche lorsqu'on fait chauffer très lentement, jusqu'à 200 ou 300°, une solution de silice gélatineuse dans de l'eau contenant de l'acide carbonique ou de l'acide chlorhydrique très étendu. » (G. W. C. Fuchs, *loc. cit.*, p. 96). Wöhler est parvenu à dissoudre l'apophyllite dans l'eau à une température comprise entre 100 et 190° et sous une pression de 10 à 12 atmosphères ; par refroidissement, la solution laissa de nouveau déposer des cristaux d'apophyllite. De même Scheerer et Drechsel ont dissout et fait recristalliser la fluorine et la barytine dans de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique. Sénarmont fit dissoudre des sulfures de fer, de zinc et de plomb dans de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré et obtint des cristaux de pyrite, de blende et de galène. Ces tentatives et d'autres analogues donnent lieu de penser que la plupart des substances presque insolubles dans les conditions ordinaires peuvent être amenées à l'état de solution par l'emploi des moyens que nous venons d'indiquer.

Tandis que les décompositions réciproques ne produisent, dans les conditions ordinaires, que des précipités amorphes, celles qui se font à haute température et sous de fortes pressions donnent naissance à des précipités cristallins. C'est ainsi que Sénarmont obtint des cristaux de sidérose, de diallogite, de smithsonite, de giobertite,

en décomposant par le carbonate de soude les chlorures ou les sulfates correspondants, à des températures comprises entre 130 et 170°, puis la millérite, la galène, la pyrite de fer et la chalcopryrite sous forme de pellicules à éclat métallique en chauffant entre 160 et 250° les chlorures, les sulfates ou les nitrates de ces métaux avec une solution de sulfure de potassium. Geitner produisit des cristaux de greenokite, de chalcosine, de stibine et de pyrite de fer en traitant les métaux ou les oxydes correspondants par l'acide sulfureux à la température de 200°, et ainsi de suite.

Rappelons que Daubrée vit le verre ordinaire se transformer dans l'eau à la température de 320° en une masse analogue au kaolin, composée de petits cristaux pyramidaux de quartz et d'aiguilles transparentes de wollastonite.

138. *Conclusion générale.* — En présence de l'abondance des expériences relatives aux formations naturelles et artificielles de minéraux, nous avons dû nous borner dans les pages qui précèdent à rappeler les faits les plus importants pour la théorie des gîtes métallifères. La conclusion principale qui en ressort est que le même minéral peut se former dans les conditions les plus diverses, par voie ignée, par sublimation, par voie humide, dans les conditions ordinaires ou à haute température et à haute pression. Nous voyons par exemple le feldspath s'isoler par voie sèche dans les laves, par sublimation dans les fours de fusion, par voie humide dans les conglomérats d'Oberwiesla. Le quartz a une origine ignée dans les laves de l'Antisana; il résulte d'une sublimation dans les hauts fourneaux et cristallise très fréquemment par voie humide. Si, pour beaucoup de minéraux, on n'a pu prouver encore qu'ils se produisent des trois manières, on n'est cependant fondé à en déclarer aucune impossible a priori.

Peut-être parviendra-t-on un jour, d'une manière générale, à baser sur l'étude de particularités telles que la forme cristalline d'un minéral, certaines associations chi-

miques et mécaniques, la structure au microscope, etc., des conclusions certaines sur le mode de production du minéral considéré et du gîte où on l'aura rencontré. Mais, dans l'état actuel de nos connaissances, il est absolument impossible de tirer de la seule présence d'un minéral dans un gîte métallifère des conclusions sur le mode de formation de ce gîte. La théorie de la genèse des gîtes métallifères doit être l'expression de l'ensemble de nos connaissances à leur sujet; elle ne peut répondre à l'état actuel de la science qu'en considérant les gîtes métallifères comme des individus géologiques dont l'étude est inséparable de celle de l'histoire du globe terrestre tout entier.

C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous allons essayer d'en exposer la théorie dans ses traits principaux.

CHAPITRE II

Genèse des gîtes stratifiés.

139. Les gîtes stratifiés, couches et amas, ont le caractère de dépôts successifs formés au sein de l'eau et sont par suite, au sens géologique du mot, des formations sédimentaires métallifères.

140. *Type des couches de fer carbonaté* (v. n° 56). — Le caractère nettement stratifié des gîtes de ce type et la présence de fossiles ne laissent aucun doute sur l'origine des couches de fer carbonaté cristallin ou lithoïde, plus ou moins mélangé d'argile et de particules charbonneuses : ce sont évidemment des dépôts de solutions aqueuses de carbonate de fer.

Les sphérosidérites présentent les caractères des concrétions, c'est-à-dire d'un phénomène qui s'est produit pendant le durcissement des matières primitivement molles et qui a eu pour conséquence une concentration du fer. La division des dépôts en amas stratifiés isolés, indépendants, peut aussi être la conséquence de circonstances locales particulières. Runge (1) le fait parfaitement ressortir en décrivant les sphérosidérites de Zalense, dans la Haute-

(1) F. Rømer, *Geologie von Oberschlesien*, 1870, p. 532.

Silésie. « Les sphérosidérîtes s'y rencontrent surtout sur les parties faiblement concaves des couches de charbon, elles manquent sur les parties convexes qui séparent les concavités; les solutions ferrugineuses semblent donc s'être concentrées sur place aux points les plus bas. Des troncs nombreux, en grande partie debout et situés immédiatement au-dessus de la couche de charbon, se trouvent dans les couches ferrugineuses: en 1866, ils étaient si abondants à Zalense qu'on comptait environ 2,000 troncs de sigillaire dressés, sur un front de taille de 4,000 mètres carrés à peu près: on avait ainsi évidemment sous les yeux une forêt de l'époque houillère en place. Ces troncs n'ont manifestement été conservés dans les concavités en forme de fond de bateau de la couche de houille sur laquelle ils s'appuient que grâce à l'eau qui les recouvrait: ils ont ainsi échappé à la destruction qui a frappé les arbres placés sur des points plus élevés, où ils se sont trouvés exposés à l'air. Le tissu lâche du parenchyme des sigillaires et des stigmariées dut pourrir rapidement après la mort de l'arbre, et les troncs creux, n'étant plus soutenus que par une faible écorce, durent se briser bientôt partout où ils ont été exposés à l'air, tandis que, dans les régions où ils étaient couverts par les eaux, ils se sont graduellement remplis d'une boue argilo-ferrugineuse qui les a conservés; le remplissage porte l'empreinte intérieure de l'écorce. »

L'origine des solutions ferrugineuses doit être cherchée dans les silicates de protoxyde de fer des roches les plus diverses, qui se sont décomposées sous l'action de l'eau chargée d'acide carbonique. Il se forma alors du carbonate de protoxyde de fer qui resta en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique. Or le dégagement de l'acide carbonique en excès amène la précipitation directe du carbonate de fer, lorsque l'oxygène de l'air ne peut intervenir ou que son action oxydante est neutralisée par des sub-

stances réductrices. Les conditions nécessaires pour la formation du carbonate de fer ne se réalisent que rarement à la surface actuelle de la terre et dès lors on n'a qu'exceptionnellement l'occasion d'en constater la formation contemporaine. G. Bischof (1) en a vu un exemple près d'une source minérale de la vallée de la Brohl, à une profondeur de 0^m,25. L'action de l'air produit dans la solution ferrugineuse un précipité ocreux de limonite qui, d'après G. Bischof, peut se transformer de nouveau en carbonate de fer au contact de débris végétaux; la putréfaction ramène en effet l'oxyde de fer à l'état d'oxydure qui s'unit avec l'acide carbonique en formation (2). Des corps réducteurs appartenant au règne animal ou au règne végétal se trouvent partout, sous forme de particules charbonneuses, en relation avec la sidérose et le fer carbonaté lithoïde des formations fossilifères; la présence de ces corps a certainement été nécessaire pour la formation du minerai de fer carbonaté à la surface du sol.

Contrairement à l'opinion de Bischof, Peters, Bäumlér et d'autres géologues ont affirmé que le carbonate de fer s'était déposé sous sa forme actuelle et avait été protégé contre l'oxydation par des particules charbonneuses et des corps organiques de diverses natures en suspension dans l'eau, ainsi que par des dégagements gazeux de carbures d'hydrogène. Dès que l'on a admis, et rien ne s'y oppose, l'intervention d'agents réducteurs si puissants au sein des eaux ferrugineuses, l'hypothèse que nous venons d'indiquer acquiert beaucoup de vraisemblance et peut être acceptée, sans qu'il y ait besoin de nier que le phénomène décrit par G. Bischof se soit également produit dans la nature.

En résumé, on peut affirmer que le fer carbonaté plus ou

(1) G. Bischof, *loc. cit.*, t. I, p. 550.

(2) G. Bischof, *loc. cit.*, t. II, 1864, p. 143.

moins mélangé de boue s'est produit partout où il s'est formé des dépôts dans des solutions carbonatées et ferrugineuses, en présence de corps fortement réducteurs.

141. *Type des couches d'hématite brune et d'hématite rouge* (v. n° 57). — En l'absence de corps réducteurs, l'eau qui contient du carbonate de fer en dissolution à la faveur d'un excès d'acide carbonique laisse déposer, en perdant cet acide carbonique, de l'oxyde de fer plus ou moins hydraté à l'état de limonite compacte ou ocreuse, d'ocre jaune ou de minéral des marais (minéral des sources). Les mêmes minerais se forment aussi lorsque la décomposition de roches contenant des pyrites donne naissance à des solutions de sulfate de protoxyde de fer ; l'action de l'oxygène et des sels alcalins qui se trouvent dans toutes les eaux de sources suffit à y former des précipités.

Ces phénomènes qui se produisent sans interruption dans la nature ne produisent pas actuellement des dépôts continus, mais seulement des masses minérales en forme d'amas ou de nids. Partout où des eaux ferrugineuses sont stagnantes par suite de l'imperméabilité du sous-sol et de l'humidité du climat, il se forme des minerais des marais ou des prairies : tel est le cas dans les prairies et les marais de la grande dépression du nord de l'Europe, qui s'étend sur la Hollande, l'Allemagne du Nord, la Pologne et la Russie, puis sur les plateaux montagneux de l'Allemagne centrale, le Riesengebirg, le Hartz, etc. Les dépôts sont très répandus et ont des allures irrégulières correspondant à des circonstances locales variables. Ils se trouvent fréquemment le long des cours d'eau en traînées isolées dont la largeur peut atteindre 10 mètres et la longueur plusieurs lieues. Leur puissance s'élève jusqu'à un mètre, mais ne monte que rarement plus haut. On y trouve à peine des indices de stratification, mais on rencontre souvent les minerais en rognons isolés et en groupes détachés ; ils sont quelquefois aussi mélangés d'un sable quartzeux

formant les passages à un conglomérat de quartz à ciment ferrugineux. Le mur des minerais est un sable mouvant, fin et humide ou une argile sableuse fine reposant sur un gazon ferrugineux ou sur de la tourbe. Les minerais forment ordinairement la couche superficielle ou sont recouverts d'une faible épaisseur de terre végétale qui se distingue alors toujours par une grande stérilité (1).

Des minerais très particuliers sont les minerais dits lacustres, qui se déposent dans les lacs de Scandinavie, particulièrement dans les provinces suédoises de Smaland, Oestergœtland, Dalarne, Herjeadalen, Jemtland et Norrland (2). Ces minerais lacustres reposent généralement sur un fond sableux à 10 mètres environ du rivage et jusqu'à une profondeur de 10 mètres au-dessous du niveau des eaux. Les amas stratifiés qu'ils forment ont rarement 0^m,50 de puissance, mais ils peuvent être exploités dès qu'ils ont de 0^m,10 à 0^m,15 d'épaisseur. L'observation montre que ces couches se renouvellent dans une période de 15 à 30 ans environ. Les minerais lacustres sont au commencement une boue ocreuse, grise, noire, brune ou verdâtre, renfermant beaucoup de silice gélatineuse. En durcissant, ces ocres se concrétionnent souvent en petites boules ou en lentilles aplaties, formant ainsi des masses analogues aux hématites brunes oolithiques. On a affirmé que les minerais lacustres se forment principalement par l'intervention d'une petite algue (*Gallionella ferruginea*) (3). L'action de cette algue, sur laquelle Ehrenberg a le premier appelé l'attention, ainsi que celle d'autres plantes dans la formation des minerais lacustres, ne peut être niée. Mais Stapff a démontré (*loc. cit.*) que les minerais lacustres, de même que les minerais des marais, se produisent principalement par

(1) v. Cotta, *Erzlagersstätten* II, p. 248 et 407.

(2) F. M. Stapff, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.* 1866, t. XVIII, p. 86.

(3) Syogrun. *Berg und Hüttenm. Zeitung*, 1863, p. 116.

précipitation de l'oxyde de fer dans des solutions ferrugineuses très étendues.

Tous ces minerais de fer qui s'accroissent sous nos yeux, seul exemple d'un phénomène de ce genre, contiennent des quantités appréciables d'acide phosphorique provenant des plantes qui participent à la formation des minerais. Sur certains points, l'acide phosphorique se concentre sous forme de vivianite terreuse.

Les formations de minerais que nous venons de décrire sont extrêmement instructives, parce qu'elles montrent d'une manière tangible comment la nature réussit à la longue, tout en employant des dissolutions extrêmement étendues, à concentrer et à déposer sur d'autres points les métaux finement disséminés dans les roches.

Les conditions que nous observons actuellement ont pu se réaliser dans d'autres périodes géologiques et il n'y a dès lors aucune difficulté à comprendre la formation des couches et amas stratifiés d'hématite brune qui se rencontrent à tous les horizons fossilifères. Mais on a les preuves les plus manifestes que toutes les hématites brunes n'ont pas la même origine : dans beaucoup de cas elles proviennent d'un dépôt primitif de sidérose. C'est ce que démontrent de nombreux exemples où la limonite se présente sous forme de pseudomorphose du fer spathique, puis la transformation en hématite brune, près des affleurements, des remplissages de gîtes qui sont composés en profondeur de minerai de fer spathique. Des observations analogues établissent aussi que certaines couches et certains amas d'hématite brune ont pour origine des dépôts d'hématite rouge et de pyrite de fer.

Le mode de formation de l'hématite rouge, dont on rencontre des couches nombreuses dans les terrains anciens, est beaucoup plus difficile à expliquer parce que, si l'on connaît des conditions capables de produire par voie humide le dépôt direct de l'oxyde de fer anhydre, il est difficile

d'admettre que ces conditions aient pu se trouver réalisées d'une manière efficace dans la nature. D'après Sénarmont, l'oxyde de fer anhydre se dépose par l'action lente du carbonate de chaux ou de soude sur une dissolution aqueuse de chlorure de fer à une pression correspondant à la température de 200° (comparer n° 137, 2°). A la température ordinaire, l'oxyde de fer qui se dépose est toujours plus ou moins hydraté. Mais on dit avoir observé que ces précipités, en restant longtemps sous l'eau, se transforment peu à peu en oxyde anhydre (1) ; c'est sans doute de cette manière surtout que s'est produite dans la nature la transformation de l'hématite brune en hématite rouge.

On ne trouve que rarement l'hématite rouge comme pseudomorphose de l'hématite brune. G. Bischof (*loc. cit.*, t. III, p. 883) en cite un exemple observé à Irrgang, près de Platten, en Bohême. Le fer spathique peut aussi avoir donné naissance à de l'hématite rouge, car, si les pseudomorphoses annonçant cette transformation sont très rares, celles peu nombreuses que l'on connaît sont suffisamment probantes ; elles ont été observées au Brésoir, en Alsace, à Pressnitz, en Bohême et à Jedvonitz, en Moravie (2). Haidinger regarde la transformation directe de la sidérose en hématite rouge comme possible ; G. Bischof ne l'admet que par l'intermédiaire de l'hématite brune.

Les transformations inverses se sont aussi produites. L'hématite rouge en particulier reproduit de l'hématite brune en s'hydratant : l'affleurement des gîtes d'hématite rouge en fournit la preuve. On connaît aussi des exemples d'hématite brune ou de sidérose épigénie d'hématite rouge (3). Ainsi s'explique la réunion fréquente de tous ces minerais dans un seul et même gîte. Mais la sidérose et

(1) G. Bischof, *loc. cit.*, t. III, 1866, p. 884.

(2) G. Bischof, *loc. cit.*, t. II, 1864, p. 157.

(3) G. Bischof, *loc. cit.*, t. III, 1866, p. 884.

l'hématite brune sont certainement les formations originelles et l'hématite rouge provient en général de la transformation de dépôts d'hématite brune. Les autres modifications paraissent n'avoir qu'une importance locale.

L'explication de la présence au milieu des minerais de fer de matières étrangères telles que l'argile, la calcite, les silicates (quartz commun, quartz rubigineux, jaspe, etc.) l'acide phosphorique, la pyrite, etc., ne présente pas plus de difficultés que celle de l'état compacte ou ocreux du minerai. Il est moins facile d'expliquer la structure oolithique et nous devons nous borner à renvoyer à ce que nous avons dit à ce sujet dans la 2^e partie, p. 92.

142. *Type Mansfeld* (v. n° 59). — La finesse de la stratification, la présence de fossiles et l'étendue du gîte qui occupe des milliers de kilomètres carrés établissent le caractère sédimentaire de la couche de schiste cuivreux du zechstein allemand avec une netteté qui ne se retrouve dans aucun autre gîte métallifère. Les minerais, chalcoppyrite, phillipsite, chalcosine, pyrite, etc., se présentent sous forme de sécrétions métallifères et doivent s'être déposés en même temps que les boues charbonneuses formant le schiste marneux et bitumineux qui contient les minerais. Il est complètement impossible que ceux-ci aient pénétré ultérieurement dans la couche, après le recouvrement du schiste marneux par les assises plus récentes du zechstein. Si nous admettons que les solutions métallitères aient été amenées par les failles qui rejettent la couche, nous n'avons aucun moyen de comprendre pourquoi la précipitation des métaux à l'état de sulfures se serait faite uniformément et exclusivement dans une couche unique de 0^m,50 de puissance, sur une immense étendue et pourquoi elle n'aurait pas eu lieu près des fentes ou dans les couches du toit et du mur, où ne manquent ni les carbonates ni les matières bitumineuses que l'on doit regarder comme les

agents de la précipitation ; ces agents abondent au contraire dans les *schistes fétides* du zechstein moyen, à une faible hauteur au-dessus de la couche de schiste cuivreux.

Lorsqu'un minerai se rencontre exclusivement dans une assise déterminée d'une puissance relativement faible et d'une grande étendue, on dit qu'il occupe un *horizon constant* ; nous regardons cette constance comme une des preuves les plus frappantes du caractère sédimentaire du gîte. Il ne faut pas oublier toutefois que les gîtes stratifiés peuvent aussi n'avoir qu'une étendue très restreinte (v. p. 33). La présence du minerai au mur et au toit du schiste cuivreux (minerai *sableux* et *dachklotz* métallifère) ne peut être invoquée contre notre manière de voir ; elle est en effet toujours restreinte au voisinage immédiat de la couche.

Nous savons que les sulfates sont réduits par les substances organiques en décomposition et dès lors il n'est pas difficile, par analogie avec la formation pyriteuse de Roisdorf et de Bornholm (p. 390) et avec la formation blendeuse d'Altglück et de Silbersand (p. 394), de s'expliquer l'origine des minerais de la couche de schiste cuivreux. La mer qui déposait ce schiste était riche en poissons et en plantes ; d'abondantes sources métallifères y coulèrent qui firent périr les corps organisés et furent ensuite réduites par les produits de leur décomposition. On trouve dans la couche à Frankenberg, en Hesse, des troncs, des feuilles et des fruits d'*Ullmannia Bronni*, des fougères, des araucaria, etc., qui tous ont dû être charriés dans la mer des schistes cuivreux et y jouer le même rôle que les poissons à Mansfeld : la teneur en minerais de cuivre sulfurés augmente en effet autour des restes de ces plantes.

143. *Types Perm., Commern, Austin, Arnsberg et Almaden* (v. n^{os} 60 à 64).

La possibilité de la formation superficielle des sulfures

métalliques à la pression et à la température ordinaires, sous une nappe d'eau qui les protège contre l'action de l'air, ne présente aucun doute d'après les observations et expériences précédemment rappelées. Rien ne s'oppose dès lors à ce que l'on admette que le dépôt des roches stratifiées, grès, calcaires, phyllades, etc., a pu être accompagné du dépôt de minerais sulfurés comme la chalcopryrite, la chalcosine, la galène, la blende, la stibine, le cinabre, etc., minerais qui constituent les gîtes des types Perm., Commern, Austin, Arnsberg et Almaden. L'exemple de Roisdorf et de Bornholm (p. 390) montre que la formation de ces gîtes n'exige pas que le métal se trouve à l'état de sulfate; il peut faire partie de toute autre combinaison soluble, être amené par exemple à l'état de chlorure; il suffit que la dissolution ait renfermé des corps produisant un dégagement lent d'acide sulfhydrique pour donner un précipité de sulfure métallique. A Roisdorf et à Bornholm, c'étaient des sulfates alcalins et alcalino-terreux que les matières organiques en décomposition réduisaient sous l'eau en produisant de l'acide sulfhydrique. Beaucoup de substances organiques contiennent naturellement du soufre et donnent de l'acide sulfhydrique par la putréfaction.

La présence de restes de plantes et d'animaux en décomposition est si fréquente dans toutes les eaux superficielles qu'elle peut être admise dans toutes les sédimentations. A ce point de vue, il est très instructif de trouver, dans les gîtes du type Perm., les minerais sulfurés de cuivre surtout aux points où les grès contiennent des troncs d'arbres fossiles (v. p. 126); dans le gîte d'Arnsberg, la stibine dans des couches très charbonneuses et bitumineuses et, à Idria, le cinabre en mélange avec des matières bitumineuses. Mais l'intervention d'un pareil excès de corps réducteurs n'est nullement indispensable pour la formation des sulfures et, si l'on ne trouve presque plus de restes

organiques dans les grès plombifères de Commern ou dans les gîtes cinabrifères d'Almaden, on peut se l'expliquer en admettant que la formation des minerais a absorbé la totalité de ces restes.

On peut se demander si les minerais principalement oxydés (malachite et azurite) des gîtes du type Perm proviennent de minerais sulfurés plus anciens ou s'ils se sont déposés originairement avec leur composition actuelle. La prédominance des minerais oxydés est un fort argument en faveur d'une formation primitive qui s'explique d'ailleurs aisément lorsqu'on se rappelle que la précipitation lente opérée dans une solution de sulfate de cuivre par les carbonates alcalins ou par du carbonate de chaux peut donner de la malachite et de l'azurite (1). La présence du cuivre natif dans le grès de Corocoro indique des actions réductrices très énergiques.

Les minerais sont contenus dans les roches stratifiées sous forme de sécrétions et leur gisement indique qu'ils ne peuvent avoir été déposés que par des solutions aqueuses. La voie sèche est complètement inadmissible et la formation par sublimation, extrêmement invraisemblable. Quant à décider si les inclusions minérales sont des sécrétions ou des imprégnations (v. p. 84), on ne peut y arriver qu'en s'appuyant sur l'étude de l'ensemble des caractères géologiques des gîtes.

Théoriquement, on peut rencontrer les quatre cas principaux suivants :

1° — *Afflux des solutions métallifères pendant le dépôt sédimentaire.*

1 a. — Les minerais se sont séparés sous la forme où nous les trouvons actuellement, avant le dépôt du toit.

1 b. — La séparation des minerais sous leur forme actuelle a eu lieu avant la consolidation du sédiment, mais

(1) G. Bischof, *loc. cit.*, t. III, 1866, p. 787.]

après le dépôt du toit, par suite de phénomènes de transformation.

2° — *Pénétration des solutions métallifères dans la couche après le dépôt du toit.*

2 a. — Les minerais se sont formés pendant le durcissement et la transformation de la couche.

2 b. — La formation métallifère a été postérieure à la consolidation de la couche.

Nous désignons ici par le mot consolidation le moment où la couche a pris ses caractères chimiques et physiques actuels. On pourrait aisément établir encore de nombreuses divisions secondaires en tenant compte, par exemple, de l'intervention de phénomènes métamorphiques à diverses périodes, mais ces subdivisions ne conduiraient qu'à des subtilités sans objet.

Les deux premiers cas (1 a et 1 b) sont ceux des sécrétions métallifères caractéristiques; le cas 2 a est intermédiaire: il tient de l'imprégnation en ce qui concerne l'introduction ultérieure des matières; mais, en ce qui touche la formation même des minerais, il peut avoir pour corollaire une sécrétion dans une roche encore molle. Le cas 2 b est celui d'une imprégnation métallifère typique.

La question de l'introduction des matières métallifères dans la couche avant ou après le dépôt du toit peut aisément être tranchée en faveur de l'introduction antérieure lorsqu'il s'agit soit des couches métallifères homogènes, à l'exception des hématites rouges d'Elbingerode, du Nassau et de Brilon, probablement métamorphiques, soit de la couche de schiste cuivreux; il n'en est pas de même pour les couches des types suivants: elle est en relation intime avec celle de la constance d'horizon du minerai (v. p. 414). Il est de fait que ce ne sont jamais que certaines couches déterminées, répandues sur des surfaces relativement considérables, qui se montrent métallifères,

tandis que les minerais manquent absolument dans d'autres couches voisines ou intermédiaires.

Si l'on admet une pénétration ultérieure des solutions métallifères, on doit, si l'on ne veut admettre en même temps une imbibition complète de massifs entiers, au premier abord fort invraisemblable, chercher des canaux d'amenée et l'on parvient toujours aisément à les trouver, si on le veut, dans les fentes et les failles qui traversent presque tous les terrains sédimentaires. A supposer que ces fentes soient réellement les canaux cherchés, dans lesquels les solutions métallifères seraient montées de profondeurs inconnues, il faudrait expliquer pourquoi l'imprégnation ne porterait jamais que sur quelques couches à l'exclusion des couches voisines ou intermédiaires, et pourquoi cependant elle s'étendrait en même temps sur de grandes étendues. Dans le cas le plus favorable, on pourrait trouver des différences physiques et chimiques dans la nature de la roche qui suffiraient à expliquer le mode de précipitation des minerais. (Comparer *Influence de la roche encaissante dans les filons*, n° 153.) Or, on n'a point d'exemple que l'on soit arrivé à donner cette explication pour aucun gisement en employant des analyses exactes et d'autres recherches délicates; mais, même cette explication donnée, l'existence de l'imprégnation métallifère à de grandes distances des canaux d'amenée resterait toujours obscure. Les couches non favorables à la minéralisation ne sont nullement imperméables; elles doivent aussi être traversées par les solutions, et l'on revient ainsi à l'hypothèse d'abord rejetée d'une imbibition générale, imbibition qui aurait assurément son origine dans des fissures. Il n'est pas impossible d'admettre l'existence d'un système de canaux étroits et ramifiés au loin, grâce auquel les zones d'imprégnation des diverses fentes se trouveraient au contact ou se confondraient les unes avec les autres.

La possibilité de cette imbibition de masses rocheuses entières ne doit donc pas être absolument repoussée, mais on doit faire remarquer en même temps qu'il est beaucoup plus simple et beaucoup plus conforme à toutes les observations et à toutes les lois chimiques, physiques et géologiques d'admettre que l'amenée des matières métallifères a été contemporaine du dépôt des couches.

C. Simon fait observer, dans sa description des grès cuprifères de Saint-Avoid et de Wallerfangen (v. p. 128), que ce ne sont jamais que des bancs de grès isolés, de 0^m,06 à 0^m,60 de puissance, qui sont imprégnés et que ceux immédiatement supérieurs et immédiatement inférieurs ne le sont pas, bien qu'ils paraissent poreux et aussi propres que les premiers à être minéralisés.

La constance d'horizon de certains gîtes de cette catégorie mérite une réelle attention. Ce serait l'effet d'un hasard bien singulier que les grès permien de la Russie et de la Bohême, ou les grès du trias inférieur de Saint-Avoid, Wallerfangen, Twiste, Bulach, Büdingen, Commern, etc. fussent seuls imprégnés de minerai de cuivre, si les solutions métallifères y avaient été amenées postérieurement à leur dépôt. On se demande avec raison pourquoi ces solutions n'auraient pas abandonné de dépôts dans des grès d'autres formations. On s'explique au contraire aisément la localisation des minerais dans deux horizons si l'on admet que les solutions métallifères ont afflué à l'époque de la formation des couches. La constance d'horizon caractérise aussi le gisement des couches métallifères d'Austin (v. *fig.* 62 et p. 134) et celui d'Arnsberg, qui révèlent d'une manière si frappante une sécrétion métallifère primitive.

On ne doit pas oublier l'enrichissement souvent constaté au voisinage des failles et des filons, parce que l'observation de ce fait est habituellement donnée comme l'argument principal en faveur de l'hypothèse de l'amenée des

minerais par ces filons et ces failles. Mais l'argument peut être absolument retourné, car rien n'empêche d'admettre le passage des minerais des couches dans les fentes qui les traversent. C. Simon a observé ce passage d'une manière frappante à Wallerfangen, où l'on trouve assurément des minerais dans les fentes et à côté d'elles, mais où cependant les zones métallifères proprement dites de la couche ont une direction tout à fait indépendante de celle des failles, sur lesquelles elles sont perpendiculaires (v. *fig.* 61, p. 129.)

En résumé, l'hypothèse de l'amenée des matières métallifères avant le dépôt du toit des couches mérite la préférence.

Il ne reste plus qu'à examiner si les métaux se sont immédiatement déposés à l'état de combinaison où nous les trouvons aujourd'hui ou si des transformations ultérieures sont intervenues. Rien absolument n'indique que les grès, calcaires et phyllades aient originairement contenu des métaux, par exemple sous forme de silicates, et que ces combinaisons aient donné plus tard des sulfures, des oxydes et des métaux natifs : on doit dès lors, abstraction faite des modifications secondaires produites par les agents atmosphériques, telles que l'oxydation des sulfures, s'en tenir à l'opinion que les minerais se sont séparés sous leur forme actuelle au moment du dépôt des roches stratifiées.

Il faut enfin remarquer qu'il existe réellement des imprégnations dans des roches stratifiées ; mais elles présentent, au point de vue de leur extension, un caractère tout différent. On en trouve un bel exemple à Chessy (1), près de Lyon, où le grès bigarré est rempli de minerais oxydés de cuivre à son contact avec une roche éruptive chargée de pyrites et seulement à ce contact, où par suite il ne peut exister aucun doute sur l'origine du minerai.

(1) v. Cotta, *Erzlagertstätten* II, p. 422.

Les couches de sécrétion précédemment décrites (nos 59-64), à l'exception des fahlbergs, dont intentionnellement nous n'avons pas encore parlé, se trouvent dans les formations suivantes.

Au *terrain silurien* appartiennent les couches de galène et de blende d'Austin, la couche de cinabre d'Almaden;

au *terrain carbonifère*, les couches de stibine d'Arnsberg;

au *zechstein*, la couche de schiste cuivreux, les grès cuprifères de Russie, de Silésie et de Corocoro;

au *trias*, les couches de galène de Commern, les grès cuprifères de Saint-Avold, Wallerfangen, Twiste, Bulach, Bùdingen et la couche de cinabre d'Idria.

Il est certain qu'il existe encore beaucoup d'autres couches de sécrétion, probablement aussi dans d'autres formations; tout au moins aucun motif raisonnable ne peut-il être invoqué en sens contraire. Mais le gisement est toujours essentiellement local et certainement plus fréquent dans les formations anciennes que dans les formations plus récentes.

On est naturellement amené à se demander quel était le gisement primitif des métaux. En nous bornant au champ restreint qui est accessible à nos observations, nous avons précédemment, d'une manière générale, placé l'origine des métaux dans les minerais des formations primitives et dans les roches éruptives (v. n° 128, p. 376). Pour entrer en dissolution, les métaux durent en être extraits, ou bien ils s'élevèrent avec les roches éruptives, de profondeurs qui nous sont inconnues, sous forme de solutions aqueuses. Si le gîte actuel est le premier où les minerais se soient déposés ou s'ils ont éprouvé déjà d'autres destinées, échappe entièrement à notre jugement.

Nous savons que le fer, le métal le plus répandu à la surface de la terre, se trouve en petites quantités dans presque toutes les roches et que la nature réussit, par

l'emploi de dissolutions extrêmement étendues, à le rassembler à la longue et à le concentrer (v. p. 411). Pourquoi le même phénomène ne se produirait-il pas pour les autres métaux? Une fois les solutions formées, les métaux deviennent transportables et la distance du lieu d'origine au lieu de dépôt dépend d'un concours de circonstances, dont chacune isolément ne peut souvent être constatée.

Si nous imaginons qu'il se trouve dans le voisinage d'une mer ou d'un lac des chaînes de montagnes contenant des roches ou des gîtes métallifères d'espèce quelconque exposés à la décomposition, nous verrons se former des sources ou des ruisseaux métallifères coulant dans le cours d'eau voisin (v. Rio Tinto, p. 161). Celui-ci abandonne des particules sableuses et boueuses qu'il tient en suspension et forme sur ses bords des dépôts d'alluvion; des corps organisés, poissons, coquilles, plantes, s'y décomposent après leur mort; les sels métalliques s'y trouvent dès lors en rapport avec des sels alcalins et alcalino-terreux et avec les produits de la décomposition (v. p. 390 et 414). Il se fait un dépôt métallifère, une sécrétion de minerai dans le sable et la boue, entre les graviers, etc., et, dans le cours des temps, les actions isolées s'ajoutent de manière à produire une couche de sécrétion. Les minerais y sont uniformément répartis lorsque les sels métalliques et leurs agents de précipitation sont partout en présence; ils sont inégalement disséminés, en nids et en traînées, lorsque les sels métalliques n'arrivent qu'en petite quantité et sur certains points et que les agents de précipitation sont sporadiquement répartis, par exemple lorsqu'il ne se trouve que sur certains points des accumulations de restes de plantes et d'animaux et que des sources isolées vont se perdre dans la mer.

La composition des eaux des sources chaudes et leurs dépôts (v. p. 389) montrent que le lessivage des roches se fait aussi dans la profondeur et qu'il y est même beaucoup

plus énergique qu'à la surface ou près de la surface, parce que la pression et la température y sont plus élevées. C'est à des sources ascendantes chaudes que l'on attribue, comme nous le verrons plus tard, le remplissage de beaucoup de filons. Rien n'empêche d'admettre que des sources semblables aient pu amener au jour, grâce à l'abondance de leur débit, les matières nécessaires à la formation des couches de sécrétion. On a déjà souvent affirmé que les sources qui s'élèvent dans les filons ont déversé au jour leur trop plein et ont achevé d'y déposer leurs éléments minéraux, phénomène qui offre quelque analogie avec la formation des coulées et nappes rocheuses subordonnées à des filons pierreux. Dès l'année 1825, Bonnard indiquait que les filons qui traversent le granite de la Bourgogne (1) et qui contiennent de la calcédoine, du jaspe, du quartz, de la fluorine, de la barytine, de la galène et de la pyrite de fer (type Pontgibaud, n° 92) se perdent en se disséminant dans l'arkose jurassique qui recouvre le granite, au point de la saturer complètement des éléments des filons. G. Tröger cite aussi comme exemple de ces épanchements le gisement précédemment mentionné (p. 265) *du conglomérat de Sernf*, à la Mürtschenalp, Rappelons enfin les dômes et nappes de minerai de fer qui sont en relation avec les filons de fer de Rio Albano et du cap Calamita (v. p. 251).

144. *Type des fahlbandes* (v. n° 65). — Les fahlbandes se distinguent des couches de sécrétion dont nous nous sommes occupés jusqu'ici par le mélange des minerais avec des silicates. Si l'on considère les schistes cristallins comme une formation cristalline primitive résultant d'un dépôt sous l'eau (v. p. 377), on peut également considérer les fahlbandes comme des couches de sécrétion et leur appli-

(1) Naumann, *Lehrb. d. Geognosie*, 1872, t. III, p. 536 y voir des indications bibliographiques complètes.

quer tout ce que nous avons dit de la genèse des autres types de couches métallifères. Il est très probable que ces gîtes se sont déposés dans une mer très fortement surchauffée dans laquelle la sécrétion des minerais put être assez active pour donner lieu au dépôt d'amas stratifiés homogènes de minerais et de minéraux.

Si l'on est partisan des théories du métamorphisme plutonique ou hydrochimique, on devra regarder également les minerais des fahlbandes comme des produits métamorphiques.

Quant à l'origine des matières des fahlbandes, on ne peut l'indiquer, parce que nous ne connaissons pas les régions de la croûte terrestre qui se trouvent au-dessous des schistes cristallins : aussi les avons-nous désignées précédemment comme primitives (v. n° 128, p. 378).

145. *Amas stratifiés* (v. n° 67 à 77). — La plupart des amas métallifères stratifiés appartiennent à la formation primitive et l'on n'en rencontre que rarement dans les formations plus modernes. Parmi ceux que nous avons décrits précédemment, on trouve :

dans le *silurien*, les amas pyriteux de Wicklow, les amas de quartz aurifère du Heinzenberg, près de Zell, en Tyrol, ceux de minerai de fer spathique des Alpes orientales, entre Eizenerz et Schwatz ;

dans le *dévonien*, les amas pyriteux du Rammelsberg (Hartz) et de Meggen, en Westphalie ;

dans le *carbonifère*, les amas pyriteux d'Huelva et d'Alemtéjo (Rio Tinto, etc.) et quelques amas de minerai de fer spathique des Alpes orientales ;

dans le *trias*, encore quelques amas de minerai de fer spathique des Alpes orientales.

L'âge géologique de certains gîtes ne peut être fixé avec certitude, mais ils appartiennent probablement aussi à des formations très anciennes.

Il n'est guère possible de présenter aucune remarque

nouvelle sur la genèse des amas métallifères stratifiés ; on peut en effet leur appliquer tout ce que nous avons dit des couches de sécrétion en supposant seulement une formation minérale et métallifère plus intense et capable par suite de produire des minerais plus purs. L'alignement d'amas lenticulaires isolés en systèmes d'amas forme le passage aux couches ordinaires. Les dépôts ont pris les allures d'amas isolés lorsque les conditions favorables à la minéralisation se sont trouvées limitées à un espace restreint et celles de couches, lorsque ces conditions se sont reproduites uniformément sur des surfaces importantes.

Ce n'est pas par l'effet d'un hasard que les amas stratifiés métallifères abondent surtout dans les schistes cristallins et ne se trouvent plus qu'isolés dans les couches paléozoïques. Cela tient à ce qu'une température élevée et une atmosphère dense favorisent la formation des minéraux et des minerais et nous montre que la majeure partie des métaux qui se trouvent dans les régions supérieures de la croûte terrestre est arrivée de bonne heure à l'état de repos et a ainsi été retirée de la circulation ultérieure.

Il est fort possible que beaucoup de minéraux et de minerais n'aient pas été déposés dès l'origine dans la forme sous laquelle nous les trouvons actuellement et qu'ils aient subi, après leur dépôt, des modifications métamorphiques. C'est ainsi que nous supposons que le fer des amas de magnétite et d'hématite rouge se trouvait ordinairement à l'état de sidérose et que les amas de sidérose des couches paléozoïques et triasiques des Alpes orientales contenaient autrefois des sphérosidérites, comme les couches de sphérosidérite de toutes les formations.

Nous devons dire que l'on a émis des doutes sur la nature stratifiée de beaucoup des gîtes que nous groupons sous la dénomination commune d'amas stratifiés et qu'on les a qualifiés de remplissages de cavités, spécialement de

filons-couches. On ne peut se prononcer sur la valeur de ces doutes que dans le cas où l'on a reconnu les caractères distinctifs des amas stratifiés ou des filons-couches. Les amas sont plus anciens que leur toit; les filons-couches sont des fentes remplies, ouvertes parallèlement à la stratification. Cela posé, leurs caractères distinctifs sont les suivants :

1° *Les remplissages des amas stratifiés sont généralement en stratification concordante avec les couches de la roche encaissante, même aux bifurcations, comme l'on en connaît dans les amas stratifiés pyriteux du Rammelsberg (Hartz), de Paris-Mountain (île d'Anglesea), de Røeraas et de Dovre, près de Trondhjem, en Norvège; dans les amas de minerai de fer spathique de Hüttenberg, en Carinthie; dans les schistes à fer micacé du mont Görgeleu dans le Marmaros, etc. Les couches schisteuses voisines se moulent étroitement sur toutes les irrégularités de forme que nous désignons par l'expression de bifurcation (p. 37). Nous avons vu que la bifurcation peut avoir deux origines différentes: elle résulte de l'introduction d'un nerf dans l'amas pendant son dépôt ou bien de déformations, plissements ou inflexions produits par la pression due à un soulèvement des couches. Dans le dernier cas, il est arrivé que des masses raides et résistantes aient pénétré dans des couches schisteuses plastiques, aisément flexibles et y aient produit une discordance locale. Ces discordances locales se remarquent sur plusieurs points des phyllades et des grauwackes ordinairement parfaitement concordants de l'Oberhartz, par exemple d'une manière très frappante près du pont qui se trouve au-dessous de la cantine de l'usine d'Altenau; elles peuvent aussi être observées entre les lentilles de minerai du Rammelsberg et les schistes dans lesquels elles sont enclavées. Comparés à l'allure générale des amas stratifiés, ces accidents ne sont que des exceptions locales propres à confirmer la règle.*

Les bifurcations sont caractéristiques pour les amas stratifiés et les ramifications pour les filons-couches. Les gîtes du Tellemarken, de Schwatz, de la Bindt-Alp, de Tergove, de Kitzbüchl, de Kupferplatten, de Herrengrund, de l'Altaï, etc. (v. n^{os} 99, 100, 102, 110) ont été classés par nous dans les filons-couches, surtout parce que les divers auteurs qui les décrivent indiquent que, tout en ayant les allures d'amas stratifiés, ils sont accompagnés de ramifications et de veines filoniennes qui traversent réellement les couches, tandis que les ramifications n'existent pas ou au moins ne sont pas connues dans les gîtes que nous avons rangés dans les amas métallifères stratifiés.

2° *Les amas stratifiés métallifères sont caractérisés par la constance d'horizon.* — On trouve dans un seul et même étage géologique des systèmes d'amas stratifiés qui atteignent à Pittkaranda et à Ammeberg 3 kilomètres, à Schmöllnitz 5, à Meggen 7 1/2, à Wicklow 15, à Arendal 22, dans la Bukowine 45, dans les Alpes orientales 300, dans la Virginie, le Tennessee et la Géorgie, 450 kilomètres de longueur.

3° *La stratification est visible dans quelques amas stratifiés.* — Nous en avons donné des exemples dans la 2^e partie, p. 78.

4° On observe quelquefois, bien que le fait soit fort rare, des *traces de vagues* sur les faces de stratification. H. Credner en décrit qu'il a vues dans les amas de minerai de fer du district de Negaunee (v. p. 186).

5° *Un caractère négatif très net des amas stratifiés est l'absence de la structure en croûtes symétriques;* cette structure et la présence des ramifications forment au contraire les caractères les plus nets des filons-couches.

Les géodes que l'on observe dans les agrégats homogènes et massifs et les brèches sont rares dans les amas stratifiés, mais elles n'y font pas plus défaut que dans les véritables roches sédimentaires, calcaires, dolomies, con-

glomérats, brèches, etc. Il est en général impossible d'appuyer des conclusions relatives à la genèse des gîtes sur la constitution des masses qui les composent, sur les minéraux qu'on y rencontre, sur des circonstances de structure.

Si l'on examine à la lumière de ces principes les amas stratifiés métallifères décrits dans les numéros 67 à 77, on arrivera pour la plupart d'entre eux à la conviction qu'ils ont nettement les caractères d'amas stratifiés. Les doutes peuvent assurément subsister dans certains cas et nous devons attendre de l'avenir des observations et des considérations nouvelles propres à les faire disparaître.

CHAPITRE III

Genèse des gîtes non stratifiés et des gîtes métamorphiques.

146. **Gîtes massifs** (v. n^{os} 78 à 82). — Nous considérons les gîtes massifs comme des sécrétions métallifères de roches éruptives. Cette expression suffit à en résumer la théorie ; nous avons développé précédemment (n^{os} 78 à 81 et n^o 128) tous les arguments sur lesquels elle repose. Rappelons encore ici que dans les gîtes des types Taberg, Iron Mountain, Mednorudjansk et Monte-Galvi, les minerais se trouvent vraisemblablement sous leur forme primitive, tandis que, dans ceux du type du Pic-Boisé, le fer chromé sécrété dans la serpentine résulte d'un phénomène métamorphique, la transformation de la péridotite en serpentine.

147. **Remplissages de cavités.** — On doit, dans la théorie de ces gîtes, distinguer la formation de la cavité et celle des remplissages. Des cavités se sont ouvertes partout dans la croûte terrestre à la suite de mouvements qu'y ont amenés le refroidissement et les modifications et érosions dues à l'action des eaux.

Des cavités ouvertes se sont refermées par l'éboulement de leurs parois ou ont été remplies de roches éruptives ou

de roches broyées, à l'état de boue aqueuse ou de sable, ou enfin aussi de minéraux que déposaient des sources montant du fond ou des eaux suintant des parois. Ce sont là des phénomènes géologiques dont le géologue observateur et le mineur aperçoivent partout les effets, et qui présentent l'intérêt scientifique le plus grand et le plus général. Lorsque des minéraux métallifères entrent en quantités importantes dans la composition du remplissage des cavités, ce qui est relativement rare, il se produit des gîtes métallifères. On doit, d'après la nature des cavités, distinguer les remplissages de fentes, ou filons, et les remplissages de grottes (v. p. 13).

148. Remplissages de fentes, ou filons (v. n^o 83 à 113). — Lorsqu'en visitant une carrière on porte son attention sur les joints et les fentes qui divisent la roche, on a sous les yeux une image réduite des fissures de la croûte terrestre, telle que les travaux des mines et des études géologiques précises nous les font connaître. Des parties complètement saines y alternent avec d'autres que traversent des fentes rapprochées et parfois extrêmement voisines les unes des autres. Des masses rocheuses inégalement fissurées sont reliées les unes aux autres par des passages graduels ou viennent buter les unes contre les autres. Tantôt les fentes sont vides, tantôt elles sont remplies de masses argileuses et terreuses, tantôt enfin elles ont un remplissage plus ou moins complet de masses minérales avec ou sans géodes. Une fente, vide ou remplie, n'a qu'une faible étendue; une autre voisine se prolonge plus loin, mais se termine aussi des deux côtés en coin ou cesse de pouvoir être suivie. Des joints minces comme une feuille de papier s'ouvrent graduellement en devenant des filons puissants. Les remplissages sont séparés de la roche encaissante par des salbandes nettes ou bien ils se confondent graduellement avec elle. Des ren-

contres, des croisements, des déviations, des rejets indubitables se laissent apercevoir. Tous les détails de structure se retrouvent ainsi dans les joints des carrières, de telle sorte que l'imagination la plus sobre et la plus réservée est obligée de reconnaître, dans ce champ d'observation si restreint, une image de la croûte terrestre qui nous paraît si vaste et si puissante.

149. *Formation des fentes.* — Toutes les discontinuités des roches, à l'exception de celles résultant de la stratification, supposent que la cohésion a été vaincue par des tensions intérieures. Les fentes peuvent se classer comme suit d'après leur mode de formation :

- | | | | |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|
| 1° Fentes de contraction. | { | a, fentes de refroidissement. | |
| | | b, fentes de dessiccation. | |
| | | a, fentes d'affaissement et de soulèvement. | |
| 2° Fentes de dislocation. | { | b, fentes de plissement. | { |
| | | | α — isogonales; |
| | | | β — obliques et orthogonales |
| | | c, fentes de pression. | γ — produites par feuilletage. |

1° *Fentes de contraction.* — Le refroidissement d'une roche venue au jour en fusion ignée amène une diminution de volume; la masse subit un retrait et il s'y produit des ruptures aux points où la cohésion est la plus faible. Le même phénomène accompagne la dessiccation d'une masse humide déposée par l'eau. Nous donnons aux fentes ainsi produites le nom de *fentes de contraction*; selon leur origine, nous les divisons en fentes de refroidissement et fentes de dessiccation; nous y distinguons ensuite, en tenant compte de la division des fentes (v. p. 14), les fentes béantes, les veines et les filons de refroidissement ou de dessiccation. Ce qui caractérise les fentes de contraction, c'est qu'elles sont toujours limitées à un seul massif de roches, à une roche éruptive déterminée ou à une couche unique. Tantôt elles s'y terminent en coin, tantôt elles s'arrêtent à leurs limites; elles ne peuvent passer dans un autre massif, mais les massifs contre lesquels elles viennent

buter peuvent naturellement, de leur côté, être traversés par des fentes de contraction distinctes.

a, fentes de refroidissement. — On trouve de magnifiques exemples de fentes de refroidissement incontestables dans le filon granitique de la mine Näsmark, dans le Tellemacken (v. *fig.* 75, p. 269) et dans le filon de diorite de Woodspoint, à Victoria (v. p. 229). On est facilement porté à regarder comme des fentes de refroidissement toutes les fentes, veines et filons qui traversent les roches éruptives, par exemple les filons réticulés du trachyte amphibolique de Værøspatak et de Parad, en Hongrie, les filons réticulés des stockwerks stannifères du type Altenberg, etc.; mais on ne doit pas perdre de vue cependant que ces veines et filons peuvent aussi appartenir à une autre catégorie de fentes, par exemple à celle des fentes de pression.

Il y a des raisons sérieuses de regarder comme des fentes de refroidissement celles qui se rencontrent au contact de roches éruptives et de terrains sédimentaires et d'expliquer leur ouverture par le retrait des masses éruptives et leur séparation d'avec la roche voisine. C'est à ce mode de formation qu'il faut rapporter par exemple les filons d'hématite brune de la mine d'or Haile dans la Caroline du Sud (v. *fig.* 73, p. 254). Peut-être en est-il de même de beaucoup de filons de contact, par exemple des filons d'hématite rouge qui se trouvent au contact du granite et des schistes cristallins, dans l'Erzgebirg saxon (v. p. 206).

b, fentes de dessiccation. — Il ne peut se former de fentes de refroidissement dans les terrains sédimentaires que lorsque ceux-ci ont été fortement chauffés au voisinage de roches éruptives et se sont ensuite refroidis, comme on peut le concevoir. Ce sont au contraire les roches sédimentaires qui sont le siège naturel des fentes de dessiccation. On remarque dans certaines couches minces, et seulement dans ces couches à l'exclusion de celles qui se trouvent à côté, des veinules perpendiculaires à la strati-

fication, parallèles entre elles et remplies de quartz et de calcite; ce sont probablement, au moins en partie, des fentes de dessiccation.

Nous avons parlé dans la première partie, p. 40, des veines de quartz que l'on rencontre dans les grauwackes, les phyllades et les schistes siliceux; des veines de calcite des calcaires, des veines de Ruosina, Miltitz, Calanda et autres points: il est au moins douteux que ce soient toutes des fentes de dessiccation; quelques-unes d'entre elles appartiennent sans doute, d'autres certainement aux fentes de dislocation. Il est clair, sans qu'il y ait besoin de plus amples explications, que les fentes de contraction qui se sont ouvertes et remplies pendant la consolidation de la roche sont des veines primaires; ce sont des veines secondaires (v. p. 93), lorsque le remplissage est postérieur à la consolidation de la roche.

2° *Fentes de dislocation.* — Au sens strict du mot, le retrait et la rupture des roches par refroidissement et dessiccation sont aussi accompagnés d'une dislocation des parties, mais nous ne désignons sous le nom de fentes de dislocation que celles qui se forment par la mise en mouvement et le déplacement de terrains entiers et non de parties isolées de ces terrains. Les mouvements de la croûte terrestre peuvent tenir à deux causes :

1° changement de volume des roches par suite de dissolution ou de phénomènes métamorphiques;

2° contraction de la croûte par suite de refroidissement.

a, fentes d'affaissement et de soulèvement. — Lorsque, dans les profondeurs de la terre, une roche comme le calcaire ou le gypse est dissoute par l'eau ou qu'elle diminue de volume par suite d'une transformation quelconque, il se produit des cavités et il peut en résulter un affaissement ou éboulement des couches supérieures sous l'action de la pesanteur. Des tremblements de terre qui, d'après

les calculs de Mallet, v. Seebach, Hœfer et Lasaulx, ont leurs centres à une profondeur de 8 à 25 kilomètres seulement au-dessous de la surface peuvent être dus à ces éboulements, sans que l'affaissement ait nécessairement été considérable. Nous désignons sous le nom de fentes d'affaissement les fentes ainsi formées. Si l'affaissement se produit inégalement, il est accompagné de rejets. Dans les roches stratifiées, il peut être accompagné d'un décollement des joints de stratification et de la production de cavités qui forment des filons-couches après leur remplissage. Bien que théoriquement on ne puisse douter de l'existence de filons d'affaissement, il n'est guère possible d'établir que tel ou tel filon rentre dans cette catégorie. Le même aveu doit être fait pour les fentes de soulèvement que nous regardons comme produites par une augmentation de volume à la suite de phénomènes métamorphiques (par exemple à la suite de la transformation d'anhydrite en gypse) et par le soulèvement des masses qui recouvrent celle qui a été le siège de ces phénomènes.

b, fentes de plissement. — Le plissement des roches stratifiées suivant des selles et des fonds de bateau permet de reconnaître l'action d'une pression latérale sur des couches primitivement horizontales et cette pression doit être attribuée à la contraction due au refroidissement de la croûte terrestre. Nous nous figurons en effet que les parties séparées par la déchirure de la croûte ont exercé, en s'enfonçant ensuite, des pressions latérales les unes contre les autres.

A. Heim (1) a démontré d'une manière probante que les couches doivent avoir été plissées après leur consolidation et qu'elles ont pris dans la profondeur une certaine plasticité parce que la pression exercée sur elle s'est trouvée

(1) A. Heim, *Untersuchungen über d. Mechanismus d. Gebirgsbildung*, Bâle, 1878.

supérieure à leur cohésion. A la surface, où les couches ne sont pas retenues vers le haut, elles se sont rompues; en profondeur, il ne pouvait pas en être de même, par suite des obstacles qui s'opposaient à la rupture. Nous appelons fentes de plissement toutes les fentes produites pendant le plissement des couches. Ces fentes sont très souvent accompagnées de rejets dont nous avons indiqué précédemment le mode de formation (v. *fig. 19*, p. 30).

α , *fentes de plissement isogonales* ou, lorsque les fentes ont été remplies, *filons de plissement isogonaux*. — Il nous paraît très probable que la plupart des filons métallifères des schistes rhénans, comme le système de filons d'Ems, celui de Holzappel, les filons d'Altglück et de Rheinbreitenbach (v. n^o 111 et 102) sont des filons de plissement isogonaux. Leurs descriptions ne s'accordent pas avec celles des filons-couches proprement dits, bien qu'on leur donne fréquemment ce nom. Il serait à désirer que des explorations géologiques de détail permissent de trancher la question.

β , *fentes de plissement obliques et orthogonales*. — La plupart des fentes qui traversent des roches stratifiées plissées ont une direction oblique ou normale à celle des couches. Si la formation des fentes a sa cause dans le plissement, ce qui n'est pas nécessaire, mais cependant fréquent, le fait ne peut s'expliquer que par une pression normale à la direction des couches et d'intensité variable d'un point à l'autre. Soit, dans la *fig. 90*, ABCD une masse stratifiée sur laquelle agissent des pressions dans la direction des flèches α et β . Si les flèches α représentent des pressions d'intensité déterminée agissant sur la ligne BE et les flèches β des pressions d'intensité moindre (ou plus grande) que les pressions α , l'action simultanée ou successive de ces pressions α et β , avec des conditions de cohésion de la roche correspondantes, produira une rupture partant du point E et dirigée suivant les lignes EF, EG ou EH, selon

la valeur relative des intensités α et β , ou dans des directions voisines. La figure schématique ci-dessous donne une idée de l'origine des fentes obliques ou orthogonales.

v. Groddeck (1) a cherché à démontrer que les filons de l'Oberhartz appartiennent à cette catégorie de fentes de plissement. Ils forment, en effet, (v. p. 312) trois grands faisceaux disposés comme les lignes EF, EG et EH de la fig. 90, divergeant d'un point où buttent l'un contre

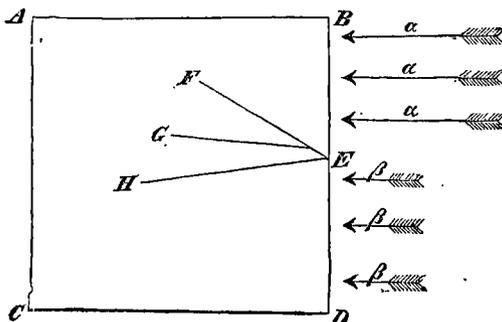


Fig. 90.

l'autre le granite du Brocken et le quartzite du Bruchberg : ces roches ont exercé pendant le soulèvement et le plissement du massif des pressions d'intensités différentes sur les couches placées devant elles (flèches α et β de la fig. 90.)

γ , fentes de feuilletage. — Le plissement des roches à schistosité prononcée, par exemple de certains phyllades, peut y produire l'ouverture des feuilletés ; nous pouvons désigner les cavités ainsi formées comme des fentes de feuilletage ; lorsqu'elles sont remplies, ce sont des filons-couches.

c, fentes de pression. — Dans le cas, aisé à concevoir, où des masses importantes, par exemple des amas anciens de roches éruptives, n'ont pu céder pendant les mouvements

(1) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1877, t. 29, p. 444.

de la croûte terrestre et ont été comprimées sans être mises en mouvement, une pression suffisamment forte a pu y produire des fissures, auxquelles nous donnons le nom de fentes de pression ; leur allure extérieure les rapproche beaucoup des fentes de contraction (p. 431).

On ne peut songer à donner aujourd'hui une classification systématique des filons décrits dans la 3^e partie d'après les considérations théoriques que nous venons d'exposer, d'abord parce que les conditions géologiques du gisement des filons ne sont pas en général connues avec une précision suffisante, puis parce que souvent on ne trouve aucun caractère distinctif d'un mode de formation ou de l'autre.

150. *Remplissage des fentes.* — Le remplissage d'une fente ne doit pas être considéré comme un phénomène aussi simple que celui d'un vase quelconque. Ce qui le complique, c'est que, pendant qu'il se produit, les parois sont agitées d'une manière continue ou discontinue ; il se fait un broyage mécanique de la roche encaissante et des produits de remplissage déjà déposés ; des réactions chimiques réciproques interviennent entre les éléments de la roche et les solutions qui y circulent ; ces solutions enfin, tantôt suintent des pores de la roche, en recouvrent les parois, y ruissellent, remplissent des cavités, y deviennent stagnantes où y circulent lentement, tantôt, au contraire, les traversent plus ou moins rapidement, se perdent dans des fentes ou jaillissent au jour. L'observation montre en effet la roche encaissante broyée et chimiquement altérée près et dans l'intervalle des minerais et des gangues ; des fragments de roches sont entourés de minerai ; des ramifications pénètrent dans la roche et dans des remplissages anciens ; les parties riches alternent avec les parties pauvres ; la structure du remplissage varie d'un point à l'autre. Les filons composés sont, à ce point de vue, particulièrement instructifs.

Si l'on veut diviser les filons d'après la nature de leur remplissage, on doit distinguer des filons pierreux et des filons minéralisés; mais on trouve entre ces deux extrêmes tous les passages. Les filons pierreux contiennent, soit des roches éruptives, soit des débris de la roche encaissante broyés et amenés à l'état de sable ou de boue. Les masses éruptives sont montées du fond sans doute à l'état de fusion ignée, en obéissant aux lois de la pression hydrostatique. Lorsqu'elles contiennent des sécrétions de minerai, par exemple de la magnétite et des pyrites, elles appartiennent aux gîtes massifs. Ce sont les débris broyés, sableux ou boueux, de la roche encaissante et des fragments de volume plus considérable qui remplissent les faux-filons ou filons pourris (ruschels pourries) comprenant la plupart des failles qui rejettent les couches. On comprend aisément que près du jour des masses boueuses et sableuses aient pu pénétrer dans les fentes par le haut. Weissenbach (1), qui appelle les fentes remplies mécaniquement par des débris rocheux des *filons sédimentaires* et des *filons de contrition*, en donne en parlant de la formation des filons de bons exemples. Le phénomène est si simple et si facile à expliquer qu'il ne semble pas nécessaire de s'y arrêter davantage. Les filons minéralisés, à l'exception des petites veines, se relient aux faux-filons et aux filons pierreux en ce qu'ils ne sont peut-être jamais remplis exclusivement de minéraux; on y trouve toujours par places des fragments de roches. Les filons métallifères sont un cas particulier des filons minéralisés, comme les minerais un cas particulier des minéraux.

151. *Remplissages pierreux.* — On ne sait que relativement peu de chose des remplissages pierreux des filons. Malgré le nombre des passages, il paraît convenable d'y

(1) v. Cotta, *Gangstudien*, t. I, 1850, p. 6.

distinguer les remplissages pierreux d'origine mécanique et ceux d'origine chimique.

1° Les *remplissages pierreux d'origine mécanique* consistent en fragments et en masses sableuses ou boueuses provenant du broyage des roches. Les fragments proviennent évidemment de la roche encaissante lorsqu'ils n'en diffèrent pas essentiellement au point de vue pétrographique, par exemple lorsque ce sont des fragments de gneiss dans des filons qui traversent le gneiss, comme à Freiberg, des fragments de phyllade et de grauwacke, dans des filons encaissés dans les phyllades et les grauwackes, comme à Clausthal, et ainsi de suite. On ne connaît que peu d'exemples de fragments qui ne proviennent pas de la roche encaissante et qui, par conséquent, aient été amenés de loin dans les fentes. L'un des plus remarquables est celui de Vöröspatak, où l'on a trouvé, dans le *glamm* des filons qui traversent le trachyte amphibolique, des fragments de porphyre quartzifère, de micaschiste et de divers grès; on peut citer aussi celui d'Oruro, en Bolivie, où des filons qui traversent un porphyre contiennent des fragments d'un phyllade gris noir.

L'intervention d'une décomposition ou d'une dissolution facilite à coup sûr beaucoup le broyage des roches, mais elle ne le précède pas nécessairement; le mouvement de terrains entiers à côté des fentes développe en effet assez de force pour briser des roches toutes fraîches et les réduire en une poudre très fine dont le mélange avec de l'eau produit de la boue. Nous avons cherché à démontrer (1) que les phyllades des filons de l'Oberhartz sont simplement des produits du broyage de la roche encaissante, transformés en boue par leur mélange avec l'eau et devenus schisteux sous l'action de la pression due au mouvement

(1) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1866, t. XVIII, p. 693 et 1869, t. XXI, p. 499.

de descente du toit : ce serait ainsi une véritable formation de roche dans le filon. Ces phyllades contiennent quelques éléments charbonneux qui leur donnent une surface noire brillante. E. Tietze (1) leur a comparé des masses argileuses plastiques noires (colorées à Maidanpeck par de l'oxyde de cuivre) qui se trouvent dans les filons de Maidanpeck en Serbie et de Vöröspatak en Hongrie et que les mineurs désignent sous le nom de *glamm* ; il pense que le phyllade filonien a avec le *glamm* la même relation que les phyllades ordinaires bien caractérisés avec l'argile commune des terrains sédimentaires ou, en un mot, que les deux matières sont des boues contenues dans les filons et qui dans le *glamm* sont restées sans changement, tandis que dans le phyllade filonien elles sont devenues schisteuses par la pression qu'elles ont subie. Mais on trouve dans le *glamm* de Vöröspatak des fragments de roche qui ne proviennent pas de la roche encaissante (v. *suprà*) et il est, dès lors, difficile d'admettre qu'il résulte, comme les phyllades filoniens de l'Oberhartz, du broyage de la roche dans laquelle sont encaissés les filons.

F. Poszepny (2) (*loc. cit.*, 1871) regarde comme possible que le *glamm* ait pénétré dans les fentes par leur partie supérieure et le compare au *dowky* du nord-ouest de l'Angleterre, décrit par Charles Moore (v. p. 333).

2° Les *remplissages pierreux d'origine chimique* ne sont pas mieux étudiés que ceux d'origine mécanique. On se contente ordinairement de parler de dissolution lorsque ces remplissages sont tendres ou moins durs que la roche encaissante, de silicification, lorsqu'ils sont plus durs, sans chercher à se rendre compte des actions chimiques qui se sont produites ou qui ont pu se produire. La dissolution et

(1) E. Tietze, *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1870, p. 321 (Verhandl.)
— F. Poszepny, *ibid.*, 1867, p. 101 (Verh.) et 1871, p. 93 (Verhandl.).

(2) F. Poszepny, *Jahrb. d. k. k. Reichsanst.*, 1870, p. 273 (Verhandl.)

la silicification des roches, qui sont évidemment les effets de la circulation de liquides réagissant chimiquement dans les filons et par suite aussi de la formation des minerais et des gangues, sont extrêmement fréquentes et connues dans tous les champs de fracture. L'altération acquiert son maximum d'intensité le long des parois des cassures; elle se propage ensuite dans la roche et y pénètre graduellement à différentes profondeurs : on peut en conséquence observer un passage progressif de la roche altérée à la roche primitive. A ce point de vue, on étudiera avec un intérêt particulier les filons de Nagybanya, décrits par v. Richthofen (v. p. 224), puis le passage des schistes à la roche encaissante dans les filons de Mitterberg, Kupferplatten, etc. (v. n° 100, p. 261).

Ce serait un travail très important et très utile que celui qui consisterait à soumettre ces remplissages pierreux des filons à une analyse chimique et microscopique exacte.

On rencontre moins fréquemment dans les filons les remplissages pierreux que l'on désigne sous le nom général de roches talqueuses. Les *jabones* de Guanajuato (v. p. 238 et 300), puis la *roche grise* de la Mürtschenalp appartiennent à cette catégorie de roches.

A ce point de vue, les recherches de C. Lossen (1) sur les schistes métamorphiques de Wieder de l'Oberhartz (terrain silurien supérieur) ouvrent des aperçus du plus haut intérêt. Entre Hermannsacker et le Mansfeld, parallèlement à la lisière sud et est du Hartz, s'étend dans ces couches une bande étroite de roches siliceuses, chloritiques et séricitiques qui ne sont en contact avec aucune roche éruptive et qui sont désignées comme métamorphiques communes par opposition avec celles qui ont subi un métamorphisme de contact. Ces roches sont parfois mé-

(1) *Erläuterung z. geol. Specialkarte v. Prussen*, feuille de Stolberg, 1870, p. 9.

langées de rognons, veinules et cordons de quartz, de barytine, d'oligiste et d'un feldspath triclinique tel que l'albite à Rodishayn et à la Krummschlacht, près de Stolberg. Or, il y a lieu de remarquer que des roches siliceuses ou séricitiques semblables forment des systèmes de récifs près des filons métallifères du *Silberbach*, à Stolberg, et du groupe des filons de la mine *Louise*, à la Krummschlacht. Les filons métallifères contiennent au Silberbach de la barytine, de la fluorine et de la sidérose ; à la Krummschlacht, de la sidérose, de la fluorine, de la chalcopirite et du quartz. « Les roches qui se trouvent au contact des filons sont entourées de grauwackes et de couches schisteuses non altérées, mais correspondent aux roches altérées de Rodishayn et de la Krummschlacht, qui, loin des filons, contiennent dans leurs nodules quartzeux une partie des minéraux que l'on rencontre dans les filons. » (1). Il se peut en conséquence que des solutions analogues à celles qui remplissaient les filons désignés et en ont transformé la roche encaissante aient aussi produit le métamorphisme commun que l'on constate dans toute la zone comprise entre Hermannsacker et le Mansfeld. Le phénomène rappelle aussi la *roche blanche* qui accompagne les filons de Holzappel (v. p. 309).

Une observation qui paraît unique dans son genre est celle du filon *Lazare*, à Adamstadt et Rudolstadt, dans la Bohême méridionale, au nord-ouest de Budweis ; ce filon traverse le gneiss et est rempli d'un calcaire siliceux et dolomitique contenant de la blende, de la galène et de la pyrite de fer.

152. *Gangues et minerais*. — Les gangues et les minerais des filons métallifères sont généralement cristallisés, plus rarement amorphes : ils présentent toujours les caractères les plus certains d'une formation en place. Lorsqu'on

(1) v. Cotta, *Erzlagerstätten* II, p. 206.

y trouve des fragments, ils sont anguleux, rarement arrondis, et il est toujours aisé d'établir qu'ils proviennent du voisinage immédiat des filons. Si l'on a trouvé dans le filon *Grünergang* (1), à Schemnitz, des galets de quartz arrondis, pisiformes ou sphéroïdaux de 0^m,07 à 0^m,10 de diamètre, qui contenaient de la galène et de la blende, c'est-à-dire des minerais inconnus dans le remplissage ordinaire du filon, c'est là une observation unique de son genre. G. Faller est porté à y voir des galets d'alluvion introduits dans le filon par son affleurement. Abstraction faite de cette exception, on doit penser que les substances qui constituent le remplissage des filons y ont été amenées à l'état gazeux ou à l'état liquide.

Comme on ne trouve jamais dans les véritables filons minéralisés des roches fondues ni même des traces de fusion ; comme les silicates qui s'y rencontrent ne s'y présentent qu'en croûtes et dans des géodes, sans jamais former les mélanges massifs caractéristiques des roches éruptives ; comme enfin la disposition en croûtes, si habituelle dans les filons minéralisés, est incompatible avec une formation par voie ignée, nous pouvons exclure entièrement ce mode de formation. On ne saurait oublier que les silicates sont très rares dans les filons minéralisés et que l'on n'a observé ni dans les volcans, ni dans les usines métallurgiques, ni dans les expériences de laboratoire des exemples de formation par voie de fusion de minerais associés à du quartz, de la calcite, de la barytine, de la fluorine, etc. ; il est même fort douteux que les gangues caractéristiques, telles que la calcite, la barytine, la fluorine puissent avoir une telle origine et toutes les observations faites jusqu'à ce jour semblent indiquer le contraire.

Il ne reste dès lors qu'à examiner si les filons minéralisés ont été remplis par sublimation ou par des dépôts de

(1) *Oestr. Zeitschr. f. d. Berg u. Hüttenw.* 1861, p. 5.

solutions aqueuses. La sublimation ou l'action de vapeurs sur des corps portés au rouge, peut donner du quartz et des minerais de toute nature (v. n° 130 à 132), mais jusqu'ici on n'a jamais vu encore qu'elle ait produit de la calcite, de la barytine ou de la fluorine. Des températures très élevées étant nécessaires pour les sublimations et les traces de ces températures se cherchant vainement dans les filons qui traversent les roches sédimentaires ou dans leur voisinage, on ne peut admettre la formation de dépôts sublimés que dans les fentes des roches éruptives. Von Richter (1) suppose que les filons de la propylite de Hongrie et de l'Amérique du Nord ont été remplis par sublimation, par une sorte d'action solfatarienne. Il montre que, dans les filons de Hongrie, le quartz et les pyrites sont venus les premiers, les sulfures en second lieu, puis les sulfates et enfin les carbonates (v. p. 101); il rapproche cet ordre de succession des observations de Boussingault, Bunsen et Deville, d'après lesquelles, dans les émanations gazeuses des volcans encore en activité, ce sont, au commencement, l'acide chlorhydrique et l'acide fluorhydrique, puis l'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique, et enfin l'acide carbonique qui jouent le principal rôle. On ne peut nier la possibilité du remplissage par sublimation des fentes des roches éruptives; mais on ne doit pas oublier qu'on retrouve dans les filons qui traversent les roches sédimentaires les mêmes successions de minéraux que dans les filons de Hongrie (v. n° 52) et que leur remplissage n'a pu se faire par sublimation.

Il ne reste donc d'autre procédé admissible pour le remplissage des filons qui traversent les roches stratifiées que celui de la voie humide et il est très vraisemblable que c'est aussi par voie humide qu'ont été, au moins en majeure partie, remplis les filons des roches éruptives.

(1) *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.*, 1860, p. 276.

Ainsi donc, ici encore, l'eau a été le principal agent minéralisateur. La possibilité, constatée par l'expérience, de la formation par voie humide de tous les minéraux des filons, la disposition en croûtes si caractéristique, la réunion des minéraux avec des remplissages pierreux broyés et souvent visiblement altérés par l'eau, la présence si générale de l'eau à la surface de la terre et jusqu'à de grandes profondeurs dans son sein, enfin l'absence de toute trace de fusion sont autant d'arguments en faveur de cette thèse.

Lorsqu'on cherche l'origine des solutions métalliques qui ont rempli les filons métallifères, on est encore obligé de s'arrêter aux schistes cristallins et aux roches éruptives (v. n° 128). Or, fait d'une haute importance, les matériaux capables de donner naissance à des dépôts plus récents ne s'y trouvent pas seulement sous forme de minerais déjà existants, mais aussi dans les silicates qui composent les schistes cristallins et les roches éruptives. Le fait est connu depuis longtemps pour le fer et le manganèse et G. Bischof a émis l'opinion que tous les autres métaux lourds peuvent avoir la même origine. Nous devons à Fr. Sandberger (1) la confirmation de cette supposition, car il est parvenu à découvrir des traces de cuivre, de plomb, de cobalt, de nickel, d'argent, d'arsenic, d'antimoine et d'étain dans le mica, l'augite, la hornblende et l'olivine.

Parmi les micas, les seuls étudiés jusqu'à présent sont les micas magnésiens des gneiss et granites de diverses localités (Forêt-Noire, Odenwald, Böhmerwald, etc.). Les recherches ont montré que tous les métaux précités, l'antimoine excepté, s'y trouvent, non pas assurément tous dans le même mica, mais tantôt l'un, tantôt l'autre, en traces sensibles ou très sensibles; beaucoup de micas contiennent aussi plusieurs métaux à la fois : celui de Wild-

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 377 et 389.

schapbach, par exemple, du plomb, du cuivre, du cobalt et du bismuth ; celui de Sulzbächle, à Schiltach, de l'argent, du cuivre et de l'arsenic. Une augite de la lave de la Somma (Vésuve) a donné du cuivre et du cobalt ; on a découvert également du cuivre et du cobalt dans les augites de deux basaltes. L'augite de l'augitophyre du val Fassa contient du cobalt. On a trouvé dans des diabases (1) du Hartz, du Fichtelgebirg et du Nassau du cuivre, du zinc, du plomb, du nickel, du cobalt, de l'antimoine et de l'arsenic. Marx a découvert de 0,0007 à 0,0014 p. 100 de zinc dans des andésites amphiboliques et augitiques de l'Amérique centrale. La hornblende d'un basalte de la Rhön contient du cuivre et du cobalt ; il en est de même de celle des schistes amphiboliques du Fichtelgebirg, du Thüringerwald et de l'Erzgebirg. Il faut enfin indiquer encore la présence du cobalt, du nickel, du cuivre et du bismuth dans l'olivine et dans la serpentine qui en dérive.

Bien que la teneur en métaux des silicates soit très faible et impossible ou difficile à déterminer quantitativement, puisqu'elle s'élève au plus à une fraction généralement très faible du centième, la preuve de cette teneur a une haute importance pour la théorie des gîtes métallifères : nous savons en effet que la nature réussit à produire des concentrations locales de ces petites quantités de matières, avec l'aide de l'eau (v. p. 411 et 422).

Les résultats acquis font penser que tous les silicates des roches éruptives et des schistes cristallins contiennent des métaux lourds. Il est difficile de penser que ces métaux lourds s'y trouvent autrement qu'en combinaison avec la silice. Les doutes que l'on pourrait avoir à ce sujet seraient levés par des recherches microscopiques faites avec de forts grossissements.

Les métaux lourds, pour pouvoir être déplacés, doivent

(1) Senfter, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1860, p. 690.

d'abord entrer dans des combinaisons solubles dans l'eau ; la décomposition près de la surface ou les transformations en profondeur sous l'action d'une haute pression et d'une haute température en fournissent aisément l'occasion. Une fois le déplacement des métaux commencé, il est difficile d'indiquer à l'avance avec précision où il s'arrêtera, si les métaux iront se déposer près ou loin de leur lieu d'origine, car ils ont passé dans les veines les plus déliées du réseau de sources qui traverse et entoure la terre et ils ne peuvent ressortir de la circulation que lorsqu'ils rencontrent des substances ou des conditions physiques capables de les fixer.

Des phénomènes analogues à ceux que nous venons d'indiquer pour les métaux lourds se produisent pour les autres corps. La silice, la chaux, la magnésie, la potasse, la soude, l'acide sulfurique, le chlore sont si répandus dans la nature et si connus de tous les géologues par leur présence constante qu'il est inutile de nous y arrêter. D'autres corps, tout en étant en général peu répandus, jouent cependant un grand rôle dans les filons minéralisés et dans d'autres gîtes métallifères ; tels sont la baryte et le fluor qui entrent dans la composition de la barytine et de la fluorine. C'est encore dans les silicates qu'on en trouve l'origine. Le feldspath barytique ou hyalophane est en somme rare, mais l'orthose du granite et du gneiss contient très souvent de petites quantités de baryte. Fr. Sandberger (*loc cit.*) a trouvé de 0,22 à 0,81 % de baryte dans celle de la Forêt-Noire. Les cristaux d'orthose de Carlsbad contiennent 0,48 % de baryte ; on en trouve également dans les sanidines et les feldspaths tricliniques. Le fluor provient incontestablement du mica, dans lequel sa présence est bien connue.

On peut regarder comme certain que l'on réussira un jour à faire dériver avec certitude des roches primitives toutes les substances qui entrent dans le remplissage des

filons et des autres gîtes. Comme tous les minéraux, à l'exception peut-être de l'or et du platine, sont solubles dans l'eau et surtout dans l'eau chargée d'acide carbonique, une simple dissolution peut les mettre en mouvement, mais ordinairement la dissolution est précédée d'une altération des minéraux; nous n'avons pas à étudier ici les modes très variés suivant lesquels se fait l'altération.

Ce sont les schistes cristallins et les roches éruptives qui ont fourni les matériaux nécessaires à la formation des terrains fossilifères; nous devons en conséquence nous attendre à retrouver dans ceux-ci tous les éléments de ceux-là. Très souvent certains de ces éléments ne se rencontrent pas dans les roches mêmes, mais seulement dans les fentes de ces roches. Des fentes de ce genre traversent toutes les roches: il nous reste à examiner comment les éléments y ont été amenés et comment s'y est faite la séparation des minéraux.

Les fentes de contraction sont limitées à un seul massif et s'y terminent en coin (v. p. 431): aussi les matières du remplissage n'ont-elles pu y être amenées que par le lessivage et l'exsudation de la roche encaissante voisine; les eaux qui ont opéré ce lessivage pouvaient d'ailleurs avoir apporté de plus loin diverses substances en dissolution. On peut imaginer le même procédé pour les fentes de dislocation; cependant il y arrive beaucoup plus fréquemment que des sources abondantes y aient déposé des matières empruntées à des roches éloignées.

On ne peut reconnaître avec certitude que les minéraux proviennent de la roche encaissante que lorsque les substances plus ou moins finement disséminées dans une roche manquent à côté des filons ou y sont moins abondantes, tandis qu'elles se sont au contraire concentrées dans les fentes. Ordinairement le lessivage a rendu la roche encaissante tendre et poreuse, l'a blanchie ou partiellement dissoute. Lorsqu'ensuite les filons passent de la roche tendre

altérée dans la roche fraîche inaltérée, les minerais et minéraux y disparaissent et les filons ou veines y sont remplacés par des fentes stériles.

Dans les filons de minerais de fer et de manganèse des types Zorge, Ilfeld et Bergzabern (n^{os} 84, 85 et 98), cette origine des remplissages est généralement indubitable. Les phénomènes chimiques y ont été identiques à ceux que nous avons étudiés précédemment, en parlant de la genèse des couches métallifères homogènes (v. n^{os} 140 et 141). Comme le fer, le manganèse, la silice, la chaux et la magnésie sont abondamment répandus dans les roches, l'origine des minerais de fer et de manganèse, du quartz, de la calcite et de la dolomie que l'on trouve si fréquemment dans les filons pourra toujours se démontrer aisément, en suivant la voie rationnelle ouverte par G. Bischof (1) pour l'intelligence de la genèse des remplissages de filons. L'existence d'une relation entre la composition chimique des roches et le contenu des veines et filons saute aux yeux, car l'on trouve des veines de quartz dans des roches très riches en silice comme les grès, les grauwackes et les schistes siliceux, des veines de calcite dans les calcaires et ainsi de suite.

Pour les corps plus rares comme la baryte et les métaux lourds autres que le fer et le manganèse, ces relations sont moins évidentes et ne peuvent être découvertes que par des recherches chimiques délicates. Nous devons à Fr. Sandberger de très belles observations dans ce sens. Il montre (2) que dans le granite porphyroïde qui va depuis Achern jusqu'à la vallée de la Kinzig, dans la Forêt-Noire, il n'y a que très peu de filons barytiques parce que le feldspath de ce granite ne contient que de faibles quantités de baryte et est

(1) *Ueber die Entstehung der Quarz u. Erzgünge*, Neues Jahrb. f. Mineral., 1844, p. 257.

(2) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 377.

difficilement altérable, tandis que le granite non porphyroïde de Schapbach, Wittichen, Alpirsbach, Schiltach, Saint-Blaise, etc., dont le feldspath est riche en baryte (0,22 %) et s'altère aisément est traversé par des filons barytiques partout où la roche est altérée. Mais les principaux filons barytiques de la Forêt-Noire se trouvent dans le gneiss, parce que son feldspath est facilement altérable et contient la plus forte proportion de baryte (0,81 %).

La découverte du cuivre, du nickel, du cobalt et d'autres métaux lourds dans les augites des diabases et dans l'olivine des péridotites explique d'une manière très satisfaisante la présence dans ces roches de filons de cuivre, de cobalt et de nickel (v. n^o 86 et 87), d'autant plus que l'on peut démontrer que beaucoup de ces filons ne contiennent des minerais que dans les régions où la roche est décomposée.

Le granite que traversent les filons métallifères de Wittichen (v. p. 238) contient, d'après Fr. Sandberger, tous les éléments nécessaires pour la formation des gangues, calcite, braunspath, sidérose, barytine, fluorine et quartz, savoir : 1,57 % de chaux, 1,64 % de magnésie, 3,43 % de fer et de petites quantités de baryte dans le feldspath et de fluor dans le mica. Les pyrites des schistes amphiboliques déposés dans le voisinage des filons métallifères ont fourni, d'après Fr. Sandberger, le nickel, le cobalt et l'arsenic des filons et probablement aussi le soufre nécessaire à la formation de la barytine et des minerais, qui ne se trouve pas en quantité suffisante dans le granite. L'origine de l'argent reste douteuse, quoiqu'on ait trouvé dans le mica du granite des traces de ce métal et de quelques autres (1).

Il existe entre les métaux contenus dans le mica des gneiss et des granites du Spessart et de la Forêt-Noire et les filons métallifères qui y sont exploités des relations très

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 391.

ntéressantes que Fr. Sandberger a également mises en lumière (1). Le mica foncé du gneiss du Spessart contient de petites quantités de cobalt, d'arsenic, de cuivre, de bismuth et *pas de plomb*; les filons de Bieber, Alzenau, Sommerkal, etc., contiennent de la smaltine, du cuivre gris cobaltifère, de la chalcopryrite, de la phillipsite et *pas de galène*. Le mica du granite de Wittichen contient un peu d'argent, d'arsenic, de bismuth, de cobalt, de nickel, pas de cuivre et *pas de plomb* : les filons renferment principalement des arséniures d'argent, de cobalt et de nickel, et de nouveau *pas de galène*. Au contraire, fait frappant, et qui n'est certainement pas accidentel, les filons qui traversent le gneiss de Schapbach (2), dont le mica contient du plomb, du cuivre, du cobalt et du bismuth, contiennent à leur tour des minerais de plomb et des traces seulement de minerais arséniés.

On réussira certainement à trouver d'autres relations analogues, mais on arrivera difficilement à jamais démontrer que le remplissage des filons métallifères provienne sans exception des roches encaissantes voisines. Si les filons ont été en partie remplis par les eaux qui ruisselaient de leurs épontes et provenaient de la roche encaissante, ils l'ont été en partie aussi par des sources abondantes qui parcouraient de grandes distances et transportaient au loin les substances qu'elles contenaient. Pour nous borner à un seul exemple, citons ici les filons métallifères de Clausthal. Lors même que l'on réussirait à trouver des traces de plomb, de cuivre et de zinc dans les grauwackes et les phyllades du culm, personne ne parviendra à y voir la source des richesses minérales des filons de Clausthal, parce que la zone d'altération voisine des filons n'a aucun rapport d'étendue avec l'importance des masses minérales

(1) *Berg u. Hüttenm. Zeitung*, 1877, p. 392.

(2) A. Killing, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1878, p. 657.

qui constituent les remplissages. On est obligé ici d'admettre que les métaux proviennent du lessivage des roches de la profondeur. La relation entre les filons métallifères et les sources minérales se voit d'ailleurs encore aujourd'hui en un grand nombre de points. Daubrée l'a démontrée pour Plombières (v. p. 391), H. Müller (1) pour la Bohême septentrionale et la Saxe et Phillips pour la Californie.

Les minéraux des filons métallifères sont des précipités et des cristallisations de solutions aqueuses. Une fois la justesse de cette proposition reconnue, on a devant soi un vaste champ pour toutes les spéculations sur la nature possible des solutions et des agents de précipitation. Les observations sur lesquelles ces spéculations doivent s'appuyer sont rapportées dans les n^{os} 130 à 138; entrer dans les détails nous conduirait trop loin.

Nous avons indiqué déjà, p. 449, comment on doit se figurer le lessivage du fer et du manganèse des roches et le dépôt des minerais de fer et de manganèse dans les fentes. Nous devons ajouter encore que la sidérose peut difficilement provenir, dans les filons, de l'évaporation d'une solution de carbonate de fer dans de l'eau chargée d'acide carbonique : nous sommes obligés de chercher un agent de précipitation et pouvons le trouver dans les silicates alcalins résultant de la décomposition et du lessivage de la roche encaissante; ils enlèvent lentement au carbonate de fer son dissolvant, l'acide carbonique, en formant des carbonates alcalins et mettant en liberté de la silice qui se présente souvent sous forme de quartz en mélange avec la sidérose (n^o 99).

Les combinaisons métalliques primitives dans les filons sont décidément les sulfures, que l'on trouve toujours en profondeur (v. p. 103) et le nœud d'une théorie chimique des filons se trouve dans l'explication de leur formation.

(1) v. Colla, *Gangstudien*, t. III, 1860, p. 264.

L'opinion généralement admise revient absolument à ce que nous avons dit plus haut de la formation des sulfures dans les gîtes stratifiés (v. p. 415 et 420). Si l'on ne veut supposer donné l'acide sulfhydrique et admettre qu'il provient de profondeurs inconnues, on est obligé d'avoir recours à l'hypothèse d'après laquelle le soufre serait entré dans les fentes sous forme d'acide sulfurique et y aurait été réduit par des substances organiques. Lorsque, comme dans la plupart des roches sédimentaires, l'on trouve ces réducteurs près des filons, l'explication est aisée, mais on est embarrassé lorsque les corps organiques sont défaut. Il est très possible qu'il se soit produit à une grande profondeur dans les filons des phénomènes analogues à ceux qui ont permis à Sénarmont d'obtenir, par l'emploi d'une forte pression et d'une température élevée, de la pyrite de fer, de la blende, de la galène, de la millérite et de la pyrite de cuivre (v. p. 404).

La répartition des parties riches et des parties pauvres dans les fentes s'explique par la circulation des solutions et par la présence des agents de précipitation de la même manière que lorsqu'il s'agit des gîtes stratifiés (v. p. 422).

153. *Influence de la roche encaissante.* — Le fait que les filons sont métallifères dans certaines roches ou dans certaines modifications de ces roches, tandis qu'ils sont stériles dans d'autres, fait habituellement désigné par l'expression d'influence de la roche encaissante, doit être expliqué par des réactions chimiques entre les éléments de la roche et les liquides qui circulaient dans les fentes et les pores de cette roche.

1° On constate une influence de la roche encaissante lorsqu'on voit un filon devenir stérile en passant d'une roche décomposée et altérée dans une roche fraîche et inaltérée (v. p. 448 et 449). L'explication est très facile à trouver lorsque le remplissage résulte du lessivage de la roche : si le lessivage s'est produit sous l'influence des

agents atmosphériques, les masses décomposées voisines de la surface contiendront des veines ou des filons métallifères qui deviendront stériles en pénétrant dans la roche inaltérée de la profondeur (v. aussi p. 104).

2° Les filons deviennent habituellement stériles en passant des roches éruptives dans les terrains sédimentaires limitrophes. Nous en avons donné (n° 84 à 94), en parlant des filons qui traversent les roches éruptives, un grand nombre d'exemples. Le fait peut être dû à diverses causes. Ou bien le remplissage provient de la roche encaissante et s'est déposé dans les fentes au voisinage immédiat de son lieu d'origine parce qu'il s'y est trouvé fixé à temps et n'a pu être transporté plus loin ; ou bien la roche éruptive, et elle seule, contenait les agents nécessaires pour la précipitation d'une solution métallifère affluente.

3° Un fait remarquable et qui prête à beaucoup d'interprétations est celui de l'influence particulièrement favorable exercée par certaines couches isolées sur la minéralisation des filons qui traversent des roches stratifiées. On en trouve les exemples les plus nets dans le type des filons cobaltifères du n° 105. On peut se demander si la couche de schiste cuivreux a été lessivée dans la région où elle a été traversée par les filons et leur a fourni leurs minéraux ou si elle contenait les substances nécessaires pour produire la précipitation des solutions métalliques qui montaient dans les fentes.

H. Müller (1) a établi que le gneiss gris de l'Erzgebirg saxon est favorable à la minéralisation, tandis que le gneiss rouge au contraire exerce une influence défavorable et les recherches chimiques de Th. Scheerer (2) sur ces variétés de gneiss permettent de penser que la cause en est dans l'action du mica très ferrugineux du gneiss gris, qui a pu produire la précipitation des solutions métalliques.

(1) v. Cotta. *Gangstudien*, t. I, 1850, p. 101.

(2) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1862, t. XIV, p. 233.

C'est par l'influence de la roche encaissante que l'on est fondé à expliquer la répartition des parties riches des filons en colonnes droites ou inclinées, lorsque les axes de ces colonnes coïncident avec l'intersection des strates favorables par le plan du filon.

4° On peut encore rattacher à la même influence la concentration fréquente des parties riches aux points de rencontre et de croisement des filons, en ce sens que l'un des filons doit être regardé comme une roche encaissante favorable pour l'autre. Mais ordinairement la cause de cette concentration doit être cherchée dans le fait d'une ouverture plus large des filons aux points considérés et, par suite, d'un afflux plus abondant des solutions métallifères.

5° Il faut enfin remarquer que v. Beust (1) a démontré, à propos des filons de Brand, dans le district minier de Freiberg, l'influence favorable exercée par une zone de ramifications qui vient couper les filons. On a observé sur un grand nombre de points que l'allure change et devient en général plus favorable dans les roches traversées par des faisceaux de veines. Les veines peuvent faciliter le lessivage de la roche et exercer ainsi une influence favorable ; elles peuvent aussi avoir été les canaux par lesquels les solutions métallifères affluaient abondamment dans les grands filons, soit qu'elles provinssent du voisinage immédiat, soit qu'elles arrivassent de régions éloignées.

Il est d'ailleurs fort douteux que ce ne soit que par des réactions chimiques que la roche encaissante a exercé une influence favorable et v. Cotta (2) est parfaitement fondé à attribuer également une influence à la conductibilité thermique, au poids spécifique, à la porosité des roches et à des courants électriques.

(1) v. Beust, *Ueber ein Gesetz der Erzvertheilung*, 1855 et 1858.

(2) *Erzlagerstätten I*, p. 149.

154. *Théories diverses sur le remplissage des filons.* — Le chevalier de Herder a classé comme suit les diverses théories émises pour expliquer le remplissage des filons :

- 1° théorie de la congénération ;
- 2° théorie de la sécrétion latérale ;
- 3° théorie du remplissage *per descensum* ;
- 4° théorie du remplissage *per ascensum*.

On peut aisément démontrer que toutes ces théories sont justifiées dans certaines limites.

1° La *théorie de la congénération* regarde les filons comme contemporains de la roche encaissante ; elle est complètement juste pour les fentes de contraction (v. p. 431), qui ont été ouvertes et remplies pendant la consolidation de la roche (veines primaires).

2° La *théorie de la sécrétion latérale* regarde les matières du remplissage comme provenant de la roche encaissante. Nous avons montré qu'en réalité un grand nombre de filons avaient été remplis par des eaux ruisselant des épontes qui avaient lessivé la roche encaissante ; cette théorie est donc vraie dans un grand nombre de cas (v. p. 448 et suivantes).

3° La *théorie du remplissage per descensum* affirme que les remplissages ont pénétré dans les filons par leurs affleurements. A peine trouverait-on un cas où l'on pourrait établir une origine de ce genre, à l'exception de celui des remplissages sableux et boueux des filons sédimentaires de Weissenbach (v. *suprà*, p. 438).

4° La *théorie du remplissage per ascensum* est celle d'après laquelle les matières du remplissage sont montées de la profondeur, soit à l'état de fusion ignée (théorie de l'*injection*), soit à l'état gazeux (v. p. 444) (théorie de la *sublimation*), soit en dissolution dans des sources minérales (théorie de l'*infiltration*) (v. p. 451). Des roches éruptives sont montées dans les fentes et ont formé des filons pierreux, auxquels s'applique la théorie de l'*injection*

(comparer *Gîtes massifs*, p. 429). Des produits de sublimation ont incontestablement rempli des fentes dans les roches éruptives encore chaudes; enfin le remplissage par des sources minérales est établi par un très grand nombre d'exemples.

Nous voyons ainsi qu'on ne peut admettre une explication unique pour tous les filons et que les différents géologues qui ont soutenu chacune des théories indiquées ci-dessus n'ont eu d'autre tort que de trop généraliser des conclusions exactes dans tel ou tel cas particulier.

Si l'on veut donner aux diverses catégories de filons des noms qui fassent connaître leur mode de remplissage, on pourra le faire convenablement en adoptant la terminologie de Herder et distinguant avec lui :

- 1° les filons de congénération (ou de sécrétion) ;
 - 2° les filons de sécrétion latérale ;
 - 3° les filons remplis par en haut (ou filons sédimentaires) ;
 - 4° les filons remplis par en bas.
- On divisera d'ailleurs ces derniers en :
- a* — filons d'injection (filons massifs) ;
 - b* — filons de sublimation ;
 - c* — filons d'infiltration.

155. Remplissages de grottes (v. n° 114 à 122). — Il peut se produire des grottes dans les roches éruptives par suite d'un dégagement de gaz dans la masse encore liquide. Les grottes de ce genre qui se trouvent dans les roches amygdaloïdes n'ont jamais de grandes dimensions et ne contiennent que rarement des minéraux métalliques; leur étude, sauf dans des cas exceptionnels comme celui des amygdales de cuivre natif dans le mélaphyre du lac Supérieur (v. p. 214) nous entraînerait par suite en dehors de notre sujet. C'est par l'eau qu'ont été creusées la plupart des grottes. Nous pouvons ici faire abstraction des phéno-

mènes de dissolution d'un seul élément des roches et des actions métamorphiques qui ont rendu poreuses et géodiques les roches les plus diverses, parce qu'il est rare que ces cavités contiennent des minerais en quantité suffisante pour constituer des gîtes métallifères.

L'eau qui circule dans les roches les plus solubles, le gypse, le calcaire, la dolomie, y forme des grottes importantes en suivant d'abord les fentes, les élargissant et pénétrant latéralement partout où elle rencontre des parties de roches aisément solubles. La forme essentiellement irrégulière et tubulaire de ces grottes est ainsi amenée, d'une part par la présence de fissures préexistantes, de l'autre par l'inégale solubilité des différentes parties de la roche. Souvent l'érosion ne suit que les fentes et les grottes prennent alors l'allure de filons; mais, aux croisements des fentes avec les joints de stratification, ceux-ci s'élargissent en formant des amas stratifiés, comme on en trouve des exemples si remarquables dans les gîtes d'Angleterre (voir p. 332).

Le gypse, le calcaire et la dolomie sont également favorables à la formation des grottes; mais les grottes des calcaires et des dolomies sont seules remplies de minerais et transformées en gîtes métallifères, celles des gypses ne contiennent jamais de dépôts de ce genre.

Il y a lieu de rapprocher des grottes entièrement creusées dans les calcaires et les dolomies les cavités d'érosion en relation directe avec la surface qui tantôt descendent à une profondeur relativement considérable sous forme de boyaux et de puits, tantôt imitent des entonnoirs et des cuvettes à faible concavité. En raison de leur origine, toutes ces cavités sont caractérisées par des parois lisses et creusées en godets. Les blocs qui font saillie sur les parois ou qui sont isolés dans les cavités ont toujours les arêtes arrondies.

En ce qui concerne les remplissages des grottes, nous

n'avons, au point de vue théorique, rien d'essentiel à ajouter à ce que nous avons dit des remplissages des fentes. Les argiles qui remplissent très souvent les grottes d'une manière plus ou moins complète et qui contiennent des fragments arrondis, des nodules, des rognons, etc. de minerais sont simplement les résidus argileux de la dissolution des calcaires et des dolomies. Les cavités qui descendent du jour contiennent des produits d'alluvion de toutes sortes; c'est ainsi que les grottes remplies de minerais de fer en grains sont le point de réunion de débris de toute nature et de fossiles des formations les plus diverses. Toutes ces masses correspondent aux gangues des filons; mais un fait caractéristique est l'absence complète de produits de friction formés dans les cavités mêmes: on n'y trouve jamais que des résidus de dissolution et des produits d'alluvionnement.

Lorsque, comme dans la région plombifère du haut Mississippi, à Raibl et ailleurs, les minerais tels que la galène, la blende, etc., se présentent en croûtes et en stalactites, il est hors de doute qu'ils ont été déposés par des solutions métalliques dans un espace rempli par ces dissolutions ou par des gaz (de l'air ordinairement). Mais lorsque, comme dans la haute Silésie, à Welkenrâdt dans la région du toit, et sur d'autres points, le minerai forme des boules, des rognons et des grains empâtés dans l'argile, des doutes se présentent sur son mode de formation.

Ici de nouveau se pose la question de la provenance des minerais. Lorsqu'on voit les gîtes du haut Mississippi, de la haute Silésie, des Alpes, etc., occuper un horizon géologique constant et être en relation avec de véritables amas stratifiés (banc plombifère dur de Tarnowitz, amas blendeux de la haute Silésie, couches métallifères de Philippeville, etc.; v. p. 135), on est porté à penser que les minerais de ces gîtes ont été originairement déposés avec les couches et ultérieurement déplacés par un afflux d'eau;

qu'une partie a été réellement dissoute et a cristallisé ensuite dans des cavités et qu'une autre partie a échappé à la dissolution et est restée empâtée dans de l'argile en y formant des boules, des rognons et des grains. Mais cette manière de voir n'exclut ni la possibilité du transport lointain des substances par les dissolutions, ni même, dans quelques cas, l'intervention de sources métallifères venues de la profondeur, creusant des grottes dans les calcaires et y déposant des minerais. C'est une question généralement impossible et, dans les cas les plus favorables, toujours très difficile à trancher.

Lorsqu'on trouve dans des calcaires inaltérés des sécrétions métallifères cristallisées occupant un horizon constant, la première hypothèse est certainement plus plausible que la seconde, qui n'apprend absolument rien sur l'origine proprement dite des minerais. On peut certainement regarder les fentes ou feuillets qui rejettent la roche comme les canaux d'amenée des minerais, lorsque ces fentes sont accompagnées de grottes minéralisées, mais on ne doit pas oublier que les considérations présentées à propos des failles qui traversent les gîtes stratifiés (v. p. 418 et 419) peuvent encore être invoquées ici. Nous avons donné plus haut, n° 120 et 122, des indications sur l'origine et la genèse probables des remplissages de grottes appartenant au type des minerais de fer en grains et au type Huelva.

156. Gîtes métamorphiques (v. n° 94, 114 à 123, etc.).
— S'il n'a pas paru utile de traiter à part les gîtes métamorphiques dans les monographies de la 3^e partie (voir p. 318) pour ne pas séparer, par esprit de système, des phénomènes naturellement connexes, cette séparation est non seulement désirable, mais nécessaire dans cette 4^e partie, consacrée à la théorie.

Nous rangeons dans les gîtes métamorphiques toutes les

roches plus ou moins transformées en minerais par des phénomènes métamorphiques.

1° Toutes les serpentines proviennent de roches qui contiennent abondamment des silicates magnésiens, olivine, augite, enstatite, etc., ou en sont entièrement composées. En s'hydratant, les silicates magnésiens anhydres se transforment en serpentine; le fer qu'ils contiennent se sépare à l'état de magnétite ou de fer chromé. On constate toujours de la manière la plus claire que la quantité de minerai est proportionnelle au degré d'avancement de la serpentinisation. C'est ainsi que se sont formés les gîtes du type du Pic Boisé (n° 80) et en partie aussi ceux du type Taberg (n° 78). Nous avons ainsi un exemple de concentration et de dépôt sous une nouvelle forme, par une action métamorphique, d'un métal finement disséminé dans une roche.

Plus ordinairement, le métal a été amené du dehors dans une roche qui n'en contenait que peu ou point et il y a transformé en minerai des éléments isolés ou la masse entière de la roche.

2° On a trouvé dans les mines d'étain du Cornwall des cristaux de feldspath transformés par pseudomorphose en un mélange de cassitérite et de quartz. G. Bischof en a expliqué la production en démontrant la solubilité de la cassitérite dans l'eau chargée de carbonates alcalins. Lorsqu'une roche feldspathique qui contient de fines inclusions de cassitérite vient à se décomposer, la silice et les carbonates alcalins entrent en dissolution et ceux-ci sont en état de dissoudre à leur tour la cassitérite. Le liquide ainsi formé contenant de l'acide stannique et de la silice peut, en agissant sur le feldspath, le dissoudre et le remplacer par de la cassitérite et du quartz. Le phénomène que nous venons de décrire semble s'être produit sur une grande échelle dans la formation de beaucoup de stockwerks stannifères (n° 94); c'est au moins ce qu'indiquent très claire-

ment les observations faites sur le stockwerk d'Altenberg, dans l'Erzgebirg saxon (v. p. 243). Quant à la question de savoir si la teneur en étain des granites stannifères est primitive et si par suite ces granites appartiennent aux gîtes massifs, elle reste non résolue.

3° Les calcaires et dolomies de toutes les formations sont transformés sur la plus grande échelle en minerais de zinc, de fer et de manganèse. La genèse des gîtes ainsi formés est très facile à comprendre : les minerais y atteignent en effet leur plus grande pureté près des fentes de la roche ; plus loin ils contiennent des mélanges de minerais et de roche et passent enfin à la roche inaltérée (voir p. 347). Des fossiles transformés en smithsonite, en limonite, en hématite rouge et en minerais de manganèse, des échantillons assez fréquents où ces minerais se présentent comme pseudomorphoses de calcite sont d'autres preuves attestant que ces gîtes sont dus à une transformation du calcaire et de la dolomie.

Parmi les carbonates de chaux, de zinc, de fer et de manganèse, celui de chaux est le plus soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique. Si donc des carbonates de zinc, de fer et de manganèse coulent sur des calcaires, ceux-ci se dissolvent et sont remplacés par de la smithsonite, de la sidérose et de la diallogite. Tel est le phénomène bien simple qui s'est passé. La formation de la limonite, de l'hématite rouge et des oxydes de manganèse doit s'expliquer par une décomposition des carbonates, une perte d'acide carbonique et une absorption d'oxygène.

Les solutions métallifères peuvent être amenées de loin ou venir du voisinage immédiat de leur lieu de dépôt ultérieur. On trouve toujours des fentes qui ont pu amener les solutions. Beaucoup de géologues admettent que la formation a consisté en un phénomène de concentration des métaux disséminés dans le calcaire même ou dans la dolomie (v. p. 340 et 347), par exemple en une dissolution de

la chaux d'un calcaire ferrugineux et manganésé, avec abandon d'un dépôt d'oxyde de fer et de manganèse. Les sulfures, tels que la pyrite et la blende, disséminés dans le calcaire et la dolomie ont pu aussi s'oxyder et se transformer en sulfates solubles qui ont donné, au contact du calcaire, du gypse et des carbonates métalliques (v. p. 326). Rien n'empêche d'admettre la simultanéité de plusieurs de ces phénomènes.

4° La dernière catégorie de gîtes métallifères dont nous ayons à nous occuper ici est celle des gîtes développés au contact de roches éruptives et de terrains sédimentaires et réunis par nous dans le type *Christiania* (n° 123).

La théorie du métamorphisme de contact se résume en somme en l'altération des sédiments au voisinage des roches éruptives venues au jour à l'état de fusion ignée, sous l'influence, d'une part de la chaleur, de l'autre de sources d'eau surchauffée qui ont jailli pendant l'éruption.

L'action de la chaleur seule n'a jamais sans doute donné naissance à des gîtes particuliers, mais elle se fait sentir lorsque des roches éruptives viennent au contact de gîtes préexistants, comme le montre la transformation en magnétite du minerai de fer spathique de la mine *Louise*, à Horhausen, au contact d'un filon de basalte (v. p. 258). C'est à des sources ascendantes d'eau surchauffée qui ont transformé des phyllades et des grauwackes en jaspe, des calcaires ordinaires en calcaires grenus remplis de silicates tels que le grenat, l'idocrase, la trémolite, la grammatite, la wollastonite, etc., que l'on peut très bien attribuer la formation de ces gîtes irréguliers de minerais sulfurés et oxydés appartenant au type *Christiania*. Ici de nouvelles recherches de Daubrée, Sénarmont et autres sur le pouvoir dissolvant et sur l'intensité des réactions chimiques à une haute pression et à une haute température fournissent les bases d'une théorie qu'il est réservé à l'avenir de développer dans chaque cas particulier.

157. Age des remplissages de cavités et des gîtes métamorphiques. — Tout remplissage de cavité et tout gîte métamorphique est plus récent que la roche dans laquelle il est encaissé. Si l'on peut fixer l'âge géologique de cette roche, on est d'autant plus près d'avoir déterminé celui des gîtes que la roche est plus moderne. Les gîtes qui traversent les formations les plus anciennes que nous connaissions, les schistes cristallins, peuvent, lorsqu'aucun fait particulier n'en vient préciser l'âge, être attribués à l'une quelconque des périodes de temps incalculables pour nous pendant lesquelles s'est effectué le dépôt de ces schistes. Se forme-t-il actuellement d'autres gîtes métallifères que ceux de minerais de fer des mines que nous voyons se développer sous nos yeux? Cela est douteux et aucun indice certain n'en avertit à la surface, mais il est possible que la formation se poursuive en profondeur.

Pendant la période tertiaire, des filons métallifères et des gîtes métamorphiques d'une grande richesse se sont développés au voisinage de roches éruptives. Les éruptions de propylite de Hongrie et d'Amérique sont éocènes ou miocènes, et si les filons de minerai d'or et d'argent qui les traversent doivent réellement leur naissance à l'éruption postérieure du trachyte (v. p. 220), leur âge est déterminé comme pliocène. Quelques-uns des filons argentifères qui traversent le mica-schiste de Joachimsthal, dans l'Erzgebirg, pénètrent dans des filons tertiaires de basalte et de wacke et doivent dès lors être eux-mêmes tertiaires; il en est de même des filons de plomb de la Sierra de Carthagène, en Espagne, qui passent des phyllades siluriens dans les trachytes. Si les masses minérales de Rodna et d'Offenbanya, dans le Siebenburgen, sont des gîtes de contact du trachyte amphibolique (propylite), leur âge est également déterminé comme tertiaire.

On ne peut dire avec certitude si l'on doit ranger dans le terrain tertiaire ou dans le terrain crétacé les gîtes de

cuivre et de plomb qui se trouvent en Toscane en relation avec des roches éruptives : ils ne sont certainement pas plus anciens que la craie.

C'est à un métamorphisme profond, dû aux éruptions granitiques qui, à l'époque jurassique, ont recouvert les roches les plus diverses, que les filons de quartz aurifère de la Californie doivent leur formation. Comme les filons argentifères du Chili et de la Bolivie, à Chañarcillo, Caracoles, etc., traversent les calcaires jurassiques supérieurs, ils sont certainement postjurassiques.

Les filons de la Forêt-Noire passent du granite et du gneiss dans les roches triasiques et sont par suite plus récents que celles-ci. On pourrait multiplier les exemples, dont le nombre devient presque infini lorsqu'on remonte jusqu'aux sédiments les plus anciens.

On éprouve toujours un vif plaisir lorsqu'on trouve dans les gîtes qui traversent des formations très anciennes des points de repère permettant de définir plus exactement leur âge. Tel est le cas pour les filons de quartz aurifère d'Australie qui traversent le silurien et le dévonien, ainsi que les roches éruptives contemporaines, sans jamais pénétrer dans les couches du terrain houiller qui les recouvrent en stratification discordante. De même à Wexford, en Irlande, où, d'après Lyell, les filons de plomb et de cuivre qui traversent le terrain silurien et le granite n'atteignent jamais le dévonien, dont les couches paraissent au contraire contenir des fragments des filons comme produits d'alluvionnement.

Si nous ajoutons que l'on trouve dans les calcaires et les dolomies de presque toutes les époques des remplissages de grottes ou des gîtes métamorphiques de zinc, de fer et de manganèse, nous reconnaitrons que la formation des filons s'est poursuivie à toutes les périodes sans interruption. Si les roches modernes contiennent moins souvent que les roches anciennes des remplissages de cavités et

des gîtes métamorphiques, on ne doit pas en conclure que la formation des gîtes ait été moins fréquente dans les périodes récentes que dans les périodes anciennes de l'histoire du globe terrestre : les roches anciennes ont en effet été exposées plus longtemps que les roches modernes à la production des fentes et aux influences capables de les transformer.

Il est absolument certain, comme nous l'avons vu p. 421 et 424, que les gîtes stratifiés autres que les minerais de fer sont beaucoup plus fréquents dans les terrains anciens que dans les terrains modernes : c'est à peine en effet si l'on en trouve encore dans les terrains jurassiques, crétacés ou tertiaires.

Il est également certain que les remplissages de cavités et les gîtes métamorphiques sont rares dans les roches stratifiées éloignées de toutes roches éruptives, tandis qu'ils se présentent en abondance à leur voisinage et surtout dans la zone du métamorphisme de contact. On en trouve des exemples remarquables dans les districts métallifères de Christiania, de Tellemarken, du Cornwall, de Californie, d'Australie, de Toscane, de l'Aveyron, etc. Souvent les roches éruptives ont amené les minerais (v. p. 248) et il est très probable que c'est à la faveur de leur éruption que les métaux dissous en profondeur grâce à l'élévation de la température et de la pression sont montés du fond et sont venus se déposer dans des fentes, des grottes et des gîtes métamorphiques. Les métaux ont été originellement déposés dans les couches les plus profondes de la terre (v. p. 425) et, plus tard, ils ont été en petite partie mis en dissolution par des actions locales et ramenés vers la surface par les mouvements de la croûte terrestre.

158. Gites détritiques (v. n^o 124 à 127). — La genèse des gîtes détritiques est très simple. Elle s'explique par des destructions et des reconstructions mécaniques dues à l'eau et que nous pouvons admettre comme connues.

CONCLUSION

Lorsqu'on passe en revue l'ensemble des gîtes métallifères, c'est en vain que l'on cherche à découvrir une loi qui régisse la répartition des métaux et des minerais à la surface de la terre. On n'y trouve de relation ni avec la situation géographique, ni avec des roches ou des terrains particuliers. L'idée de l'abondance plus grande des métaux lourds et surtout de l'or près de l'équateur que dans les régions polaires a été depuis longtemps reconnue sans fondement et abandonnée; l'hypothèse faisant correspondre chaque métal à une période géologique déterminée ne peut plus être soutenue; enfin l'on n'a jamais pu établir de correspondance entre des minerais et des roches déterminés, si ce n'est pour l'étain que longtemps on a cru subordonné aux granites et aux porphyres quartzifères. Cette exception elle-même doit être effacée, car l'on a découvert récemment au Poggio del Fumacchio et au Monte Valerio, près de Campiglia maritima (1), dans un gîte d'hématite brune lié à un calcaire sans fossiles, plus ou moins grenu, désigné par les géologues italiens comme infraliasique, de la cassitérite de couleur brune ou verdâtre en mélange avec des

(1) M. Braun, *Neues Jahrb. f. Mineral.*, 1877, p. 498. — P. Herter, *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1877, p. 194. — Voir aussi *Ann. des Mines*, 7^e série, t. IX, 1876, p. 119. (*N. d. trad.*)

cordons et des veines de calcite et de quartz. On a trouvé d'autre part à Durango (1), au Mexique, des incrustations fibreuses de cassitérite dans les fentes d'un trachyte. On doit donc abandonner tout espoir de découvrir dans cette voie la loi qui doit régir les gîtes métallifères comme tous les autres phénomènes naturels.

Mais dans quel sens doit-on diriger ses efforts ? Ce n'est assurément pas par l'effet du hasard que l'on voit chacun des types de gîtes métallifères se reproduire sur les points les plus éloignés de la terre dans des conditions géologiques identiques ou analogues.

On trouve dans toutes les formations des couches de sphérosidérite dans des conditions sensiblement semblables. Les calcaires et les dolomies, depuis les schistes cristallins jusqu'au terrain tertiaire, sont transformés sur certains points en calamine, hématite brune ou minerais de manganèse et accompagnés de gîtes plombo-zincifères formant des amas stratifiés ou des remplissages de grottes. Des amas pyriteux composés de pyrite de fer homogène et de calcopyrite se rencontrent abondamment dans les schistes cristallins, les terrains silurien, dévonien et carbonifère, avec des formes et une structure intérieure remarquablement constantes. On ne connaît jusqu'ici de grès cuprifères que dans le zechstein et le trias inférieur. Le fer chromé est toujours en relation avec des péridotites transformées en serpentine. Près de la traversée des terrains sédimentaires par des roches éruptives, les minerais sont réunis dans des filons, que l'on ne trouve que rarement et qui manquent ordinairement tout à fait à une grande distance des centres d'éruption. Lorsque les couches tertiaires, habituellement si pauvres en minerai, sont traversées par des propylites et des trachytes, comme en Hongrie et en Amérique, des filons d'or et d'argent s'y développent, et ainsi de suite.

(1) *Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch.*, 1869, p. 737.

Il en est donc des gîtes métallifères comme de certaines roches qui se sont formées à toutes les époques de l'histoire de la terre, mais dont telles ou telles modifications sont subordonnées à des conditions locales et n'ont pu se produire que pendant des périodes géologiques étroitement limitées. Ils doivent être envisagés comme des individus géologiques (v. p. 108) et c'est dans ce sens que nous avons à en rechercher le mode de formation et de développement; peut-être arriverons-nous ainsi, à force de travail et de temps, à faire tomber le voile qui nous en cache encore les lois.

Dans les pages qui précèdent, nous avons essayé pour la première fois, en nous appuyant sur les travaux de tant de géologues éminents, d'envisager les gîtes métallifères au point de vue géologique et de les classer en types d'après l'ensemble de leurs propriétés. Nous n'ignorons pas que les divisions que nous avons tracées ne peuvent être définitives et que les progrès ultérieurs de nos connaissances permettront certainement de les remanier plus tard. Ce qu'il faut aujourd'hui, ce sont des monographies, non plus seulement de gîtes isolés, mais de types de gîtes, afin de mettre en évidence leurs propriétés caractéristiques et de pouvoir reconnaître dans quelles conditions géologiques s'est développée telle ou telle catégorie de gîtes métallifères.

Réussira-t-on un jour inversement à conclure de la réunion de certaines conditions géologiques à la présence de gîtes métallifères déterminés? Si éloigné que nous paraisse aujourd'hui ce but, nous devons espérer qu'on l'atteindra un jour.

Les recherches spéciales qui doivent précéder les travaux d'ensemble plus importants n'ont de valeur que si elles s'appuient, non sur quelques courses géologiques et minières rapides, mais sur des études locales approfondies. Il importe avant tout de déterminer les rapports entre les

gîtes métallifères et la structure géologique de la contrée dans laquelle ils se trouvent, au moyen d'explorations géologiques attentives et exactes. Trop souvent cette détermination n'a pas été faite d'une manière suffisante pour les filons métallifères et c'est pour cela que nous avons si peu de connaissances précises sur les causes de la formation des fentes et de leur remplissage. Les formes des gîtes doivent être représentées non par des croquis approximatifs, mais avec une précision géométrique. Ce ne sont pas seulement les minéraux qui intéressent le mineur ou le collectionneur qu'il faut rechercher et décrire, mais aussi les roches qui les accompagnent et cette étude doit employer tous les moyens dont dispose la science. On doit attacher une importance particulière aux recherches chimiques pour lesquelles G. Bischof a ouvert la voie et que Fr. Sandberger a reprises avec un succès si plein de promesses.

Les travaux de détail abondent dans le domaine de la pétrographie et de la paléontologie : pourquoi sont-ils si rares sur ce terrain difficile, mais dont l'étude promet un intérêt scientifique et pratique si élevé ? C'est par ces travaux de détail et en les utilisant bien pour établir les caractères des formes typiques du développement des gîtes métallifères que nous arriverons à approcher de plus en plus de la vérité dans le domaine de la géologie appliquée.

FIN

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

LOCALITÉS CITÉES

- Abo, 180.
Abrudbanya, 221.
Achern, 449.
Ackworth, 165.
Adamstadt, 293, 442.
Adirondack (Monts), 183.
Agordo, 162.
Aix-la-Chapelle, 68, 327, 391.
Albergaria velha, 307.
Alemtejo, 78, 160, 265, 424.
Algodon (baie d'), 213.
Aliva, 331.
Aljustrel, 160.
Allevard, 257.
Almaden, 136, 414.
Almería, 322.
Alp (l'), 265.
Alpirsbach, 450.
Altai, 216, 305, 371, 372, 427.
Altenau, 256.
Altenberg, 68, 73, 207, 243, 432, 462.
Altenkirchen, 256, 257.
Altglück, 310.
Ammeberg, 145.
Andara, 89, 331.
Andreasberg, 50, 54, 63, 96, 254
Anduze, 343.
Anglesca, 38.
Annaberg, 291.
Anniviers, 141, 286.
Ansedonia, 351.
Antisana, 387.
Antonio Pereira, 174.
Arendal, 167, 181.
Areskuttan, 143.
Aznsberg, 135, 414, 419.
Arolsen, 130.
Arqueros, 104, 301, 304.
Aschaffenburg, 119.
Askersund, 143.
Aspières, 314.
Atacama, 213, 301, 303.
Austin, 134, 320, 414, 419.
Australie (étain), 247, 373.
Australie (or), 279, 370, 465.
Aveyron, 112, 314.
Badenweiler, 48.

- Baigorry, 265.
 Ballarat, 371.
 Balma (La), 67, 198, 379.
 Banat, 353, 357.
 Béja, 160.
 Bellnhausen, 218.
 Bendzin, 338.
 Bennerscheid, 42, 310.
 Beresowsk, 229, 371.
 Bergieshübel, 177.
 Bergisch-Gladbach, 326.
 Bergzabern, 254, 449.
 Berneck, 278.
 Beuthen, 338.
 Bieher, 16, 44, 122, 123, 287, 347, 350.
 Bielefeld, 113.
 Bindt-Alp, 260, 261, 427.
 Bischofshofen, 262.
 Blankenrode, 344.
 Bleiberg (Carinthie), 337.
 Bleiberg (Silésie), 272.
 Bockswiese, 45, 46, 59, 314.
 Bodenmais, 147.
 Bodie, 228.
 Bœmischbrod, 127.
 Bogoslawsk, 353, 372.
 Bohême (cuivre), 127.
 Bohême (fer) 112, 116.
 Bonn, 208, 310.
 Bornéo, 372.
 Bornholm, 390.
 Borsa, 174.
 Borsabanya, 221.
 Bourbonne-les-Bains, 392.
 Bourg-d'Oisans, 228.
 Brambach, 111.
 Brand, 100, 294, 453.
 Brandholz, 278.
 Braubach, 309.
 Braunlage, 263.
 Bräunsdorf, 293.
 Brenthal, 36, 78, 133.
 Brilon, 83, 119, 323, 417.
 Brixlegg, 97, 266.
 Brocken, 293, 312, 436.
 Brotterode, 346.
 Bruzolo, 286.
 Büchenberg, 118.
 Büdingen, 130, 419.
 Budweis, 293, 442.
 Bukowine, 133, 176, 307.
 Bulach, 130, 419.
 Bundschuhthal, 172.
 Burgbrohl, 391.
 Burnt-Hickory, 165.
 Burra-Burra, 50, 272.
 Cabarras-County, 166.
 Cable-City, 306.
 Calanda, 41, 433.
 Calefeld, 120.
 Calgoun, 355.
 Californie, 51, 52, 54, 98, 238, 281,
 293, 317, 368, 465.
 Call, 130.
 Calumet-Hékla, 215.
 Campiglia-Maritima, 91, 467.
 Campan, 352.
 Camsdorf, 122, 288.
 Canigou, 355.
 Canton, 151.
 Cap Calamita, 252, 423.
 Capo di Bove, 197, 378.
 Caracoles, 303, 465.
 Cargo, 281.
 Carlsbad, 390, 393, 447.
 Carpathes, 114, 219.
 Carrol-County, 151.
 Carthagène, 464.
 Chalanches, 141.
 Chamoison, 114.
 Champlain (lac), 183.
 Chañarcillo, 104, 106, 301, 463.
 Chatanooga, 116, 345.
 Chaudesaigues, 391.
 Cherokee-County, 89.
 Chessy, 198, 420.
 Choco, 372.
 Christgrun, 205.
 Christiania, 354, 463.
 Clausthal, 44, 43, 59, 89, 311, 431.
 Clinton, 116.
 Comillas, 344.
 Commern, 16, 18, 130, 393, 414, 419.

- Comstock, 98, 226, 230.
 Concorde, 245.
 Connoree, 137.
 Copper-Falls, 244.
 Coquimbo, 304.
 Corbières, 314.
 Cornwall (Angl.), 273, 373.
 Cornwall (Pens.), 185, 461.
 Corocoro, 127, 416, 421.
 Corphalie, 329.
 Culera, 279.
 Cumberland, 332.
 Czelandz, 338.
 Cziklowa, 355, 357.
- Dahlonega, 165.
 Damaraland, 275.
 Dannemora, 179.
 Danville, 116.
 Davidson-County, 166.
 Derbyshire, 332.
 Dernbach, 309.
 Diez, 205.
 Dillenburg, 119, 211, 218.
 Djebbel-Nador, 345.
 Dobsina (Dobschau), 53, 218.
 Dognaczka, 357.
 Dovre, 15, 38, 78, 151.
 Drammen, 277, 356.
 Ducktown, 15, 105, 151.
 Dun (Mont), 194.
 Durango, 468.
 Durfort, 343.
 Durscheidt, 256.
- Edder, 126, 368.
 Egers, 277.
 Egmont (Mont), 367.
 Ehrenfriedersdorf, 58, 250, 304.
 Eibenstock, 207, 246.
 Eidsvold, 277.
 Eifel, 89, 383.
 Eipel, 127.
 Eisenerz, 172, 424.
 Eisleben, 22.
 Ekatherinenbourg, 427, 229, 285.
 Elbe (île d'), 175.
- Elbingerode, 118, 256, 417.
 El Chico, 237.
 Elgersburg, 206, 208.
 El Pedroso, 176.
 El Trunfo, 293.
 Elvas, 265.
 Ems, 309.
 Engelskirchen, 86.
 Engis, 328.
 Erzberg, 172.
 Esmeralda, 219, 228.
 Espedalen, 143.
 Eulengebirg, 315.
 Eurville, 120.
- Faczebaja, 221.
 Fahlun, 149, 167.
 Falk, 133.
 Felsobanya, 53, 221, 224, 398.
 Feniglia, 352.
 Finlande, 178.
 Flaxseed, 116.
 Flint-Creek, 306.
 Fluvanna-County, 166.
 Forêt de Dean, 184.
 Frankenberg, 16, 122, 124, 414.
 Franklin, 184.
 Freiberg, 43, 49, 51, 59, 80, 270, 2
 294, 304.
 Freudenstadt, 47.
 Freyhung, 133.
 Friedensville, 133.
 Friedrichsrode, 208.
 Friesach, 170.
 Friesdorf, 115.
 Fritzlar, 364.
 Frohnstätten, 350.
 Fusch, 167.
- Gardette (la), 228.
 Garpenberg, 153.
 Gastein, 278.
 Gellivara, 180.
 Gorbstedt, 22, 123, 287.
 Geyer, 207, 244.
 Giessen, 351.
 Gingselberg, 256.

- Gladbach, 256.
 Glücksbrunn, 287.
 Goldlauter, 90.
 Göllnitz, 264.
 Gömör-Zipse, 260, 264.
 Gorat-Blagodät, 67, 190, 365.
 Gorgelew, 174.
 Goslar, 22, 37, 158.
 Gran, 220.
 Grande-Vallée, 345.
 Grandola, 160.
 Grängesberget, 75, 86, 180.
 Grasslitz, 156, 395.
 Graupen, 247, 249.
 Greifenburg, 337.
 Grenoble, 141.
 Gross-Dombrowka, 341.
 Grund, 46, 69, 346.
 Guanajuato, 46, 98, 237, 300, 441.
 Guipuzcoa, 344.
 Guldmedshyttan, 168.
 Gumeschewsk, 198, 379.
 Gyöngyös, 216.

 Haile, 166, 253, 432.
 Halifax, 164.
 Halsbrück, 304.
 Hartzburg, 119.
 Haverlah, 363.
 Heinzenberg, 96, 167, 424.
 Helsingfors, 150.
 Herges, 346.
 Herrengrund, 263, 427.
 Hettstädt, 22, 123.
 Hiendelaencina, 50, 305.
 Hodritsch, 230.
 Hoheneibe, 127.
 Holzappel, 97, 309, 442.
 Horbach, 144.
 Horhausen, 46, 47, 76, 237, 394, 463.
 Huancavelica, 137.
 Huelgoat, 308.
 Huelva, 78, 160, 353, 424.
 Hüggel, 347.
 Humboldt (Monts), 283.
 Hundsrück, 175, 255.
 Huttenberg, 38, 170.

 Ibbenbüren, 333, 347.
 Iberg, 269, 346.
 Idria, 137, 421.
 Iglesias, 325.
 Iglo, 260.
 Ilfeld, 42, 206, 208, 449.
 Ilmenau, 122, 210.
 Iloba, 221.
 Innsbruck, 337.
 Iron Mountain, 75, 192, 363, 379, 429.
 Iron Ridge, 187.
 Iserlohn, 325.
 Itabira, 174, 365.

 Jacobeni, 256.
 Jalapa, 284.
 Joachimsthal, 50, 291, 464.
 Johannegeorgenstadt, 207, 246, 291.
 Jönköping, 67, 190.

 Kaafjord, 213.
 Kaipara, 367.
 Kandern, 349.
 Kapnik, 50, 221, 226.
 Kargalinski, 89.
 Katharinenberg, 293.
 Katschkanar, 67, 191, 365.
 Kaurim, 127.
 Kelchalp, 261.
 Keldenich, 346.
 Kelmisberg, 329.
 Keweenaw-Point, 213.
 Kilkiwan, 229.
 Kircheip, 256.
 Kirlibaba, 177, 307.
 Kitzbüchl, 261, 427.
 Klagenfurth, 337.
 Klausen, 91, 240.
 Kleinkogl, 97, 266, 319.
 Knappenberg, 171.
 Knoxville, 133.
 Komorau, 44, 116.
 Kongsberg, 43, 51, 100, 140, 267, 294.
 Kotterbach, 88, 264.
 Kraubath, 194.
 Kremnitz, 42, 44, 53, 220, 233.
 Kressenberg, 120.

DES LOCALITÉS CITÉES

- Kronstadt, 240.
 Kruznahora, 116.
 Kupferberg, 267, 270, 292, 308.
 Kupferplatten, 264, 427, 441.
 Kuttenberg, 294.

 Laas, 172.
 Laasphe, 299.
 Landsberg, 316.
 Langbanshytta, 481.
 Langenthal, 294.
 Langholz, 167.
 Laurium, 321.
 Lautenthal, 45, 126, 314.
 Lautenberg, 75, 267.
 Lebach, 111, 112.
 Lehigh (vallée de), 345.
 Lerbach, 256.
 Liège, 328.
 Lieversbach, 430.
 Lillehammer, 143.
 Linares, 98, 239.
 Llanza, 279.
 Locarno, 67, 198.
 Lofas, 168.
 Lölling, 171.
 Loos, 143.
 Lorraine, 19, 120.
 Lübbecke, 255.
 Luchon, 352.
 Luçon, 48.
 Luganure, 239.
 Lunebourg, 85.
 Luxembourg, 19, 120.
 Luz, 98, 237.
 Lyon, 198, 420.

 Magurka, 241.
 Maidanpeck, 395, 440.
 Mancayan, 48.
 Mansfeld, 16, 22, 73, 89, 103, 122,
 287, 413.
 Marianna, 365.
 Marienberg, 49, 250, 291.
 Märisch-Ostrau, 85.
 Marionetshire, 279.
 Marmora, 183.

 Marne (Haute-), 120.
 Marquette, 185.
 Martersberg, 250.
 Massa, 307.
 Mâsetano, 315.
 Mattle, 147.
 Mayen, 394.
 Mechernich, 130.
 Mednorudjansk, 197, 379, 429.
 Meggen, 157, 424.
 Meisselding, 168.
 Meissen, 41.
 Menomonee, 187.
 Mercadal, 344.
 Mertola, 160.
 Miask, 372.
 Michiganni Iron Mountain, 187.
 Miechovitz, 86, 338.
 Mies, 308.
 Miltitz, 41, 433.
 Minas Geraes, 365, 370.
 Minden, 255.
 Mississippi (Haut), 83, 323, 397, 41
 Mittelberg, 209.
 Mitterberg, 88, 262, 441.
 Modum, 142.
 Moland, 268.
 Mommel, 346, 350.
 Montabaur, 309.
 Montana, 306.
 Monte-Argentario, 351.
 Monte-Calvi, 91, 202, 380, 429.
 Monte-Catini, 200.
 Monteponi, 325.
 Montes-Aureos, 278.
 Monte-Valerio, 467.
 Montevecchio, 308.
 Moravicza, 357.
 Moresnet, 58.
 Morlaix, 308.
 Mörsfeld, 317.
 Moschel, 316.
 Moschellandsberg, 316.
 Mühlbach, 36, 78, 97.
 Munster (val de), 304, 345.
 Munsterappel, 316.
 Murau, 172.

- Mürtchenalp, 265, 423, 441.
 Musen, 86, 268.
- Nachod, 127.
 Nagyag, 53, 63, 221, 222.
 Nagybanya, 51, 221, 224, 441.
 Najac, 314.
 Naklo, 348.
 Namaqualand, 275.
 Nanzenbach, 218.
 Nancy, 120.
 Nassau, 119, 255, 351, 417.
 Nassereit, 337.
 Naundorf, 250.
 Navalazaro, 176.
 Negaunee, 17, 183, 427.
 Nertschinsk, 322.
 Nerzeczina, 90.
 Nestosa (la), 344.
 Neuenbourg, 255.
 Neusohl, 263.
 Newborough, 183.
 New-Jersey, 183, 277.
 Niederpöbel, 250.
 Nieder-Radoschau, 119.
 Nischné-Tagilsk, 191, 197, 372.
 Nordmark, 181.
 Nouvelle-Écosse, 164.
 Nouvelle-Galles du Sud, 247, 280.
 Nouvelle-Zélande, 194, 199, 280, 367.
 Novéant, 19.
- Oberlahnstein, 310.
 Oberneisen, 206.
 Oberwiesa, 396.
 Oerenstock, 208.
 Offenbanya, 63, 219, 221, 223, 359, 464.
 Oise, 120.
 Olah-Lapos-Banya, 83, 221, 226.
 Oldershausen, 120.
 Olsa, 170.
 Ontario (lac), 183.
 Ontonagon, 213.
 Oravicza, 357.
 Orbetello, 352.
 Orenbourg, 86, 127, 294.
- Oruro, 235, 439.
 Öryärfvi, 150.
 Osnabrück, 347.
 Oural, 190, 355, 371.
- Pachuca, 236.
 Paderborn, 113.
 Pajsborg, 181.
 Pallières, 343.
 Parad, 216, 219, 220, 432.
 Pareu-Dracului (Mont), 240.
 Paris-Mountain, 38.
 Paschietto, 280.
 Peekskill, 184.
 Peine, 362.
 Perm, 127, 414.
 Peterswald, 309.
 Pforzheim, 255.
 Pfundersberg, 91, 240.
 Philippeville, 86, 137, 327, 329, 45
 Philippstadt, 181.
 Pic-Boisé, 199, 429, 461.
 Picos de Europa, 319, 331.
 Pilot-Knob, 187.
 Pittkaranda, 148.
 Plavischevitza, 195.
 Plombières, 391.
 Poggio del Fumacchio, 467.
 Poggio del Passo, 332.
 Pontgibaud, 98, 239.
 Poschorita, 36, 153.
 Potosi, 235.
 Potsberg, 317.
 Poullaouen, 97, 308.
 Pretttau, 36, 97, 155.
 Prizbram, 54, 63, 100, 297.
- Quamani, 387.
 Queensland, 247, 281, 355.
- Radenheim, 172.
 Radowenz, 127.
 Raibl, 56, 82, 83, 320, 334, 489.
 Rammelsberg, 22, 37, 78, 158, 424, 426.
 Rancié, 355.
 Rathhausberg, 56, 278.

- Ravenswood, 281.
 Real del Monte, 236.
 Reichenau, 172.
 Reocin, 344.
 Reville, 320.
 Rewdinsk, 285.
 Rezbanya, 221, 357.
 Rheinbreitenbach, 273.
 Riechelsdorf, 16, 44, 122, 287.
 Ringswood, 184.
 Rio Albano, 251, 423.
 Rio Cares, 319.
 Rio Marino, 175.
 Rio Tinto, 160, 395.
 Ripa, 317.
 Rochusberg, 333, 347.
 Rodna, 102, 219, 358, 464.
 Røraas, 15, 38, 78, 151.
 Rørobuchl, 261.
 Rohhammer, 195.
 Roisdorf, 390.
 Rokyc, 112, 116.
 Rossi, 133.
 Rudolstadt, 293, 442.
 Rumpelsberg, 209.
 Ruosina, 40, 307, 433.
 Ruszkitza, 322.

 Saalfeld, 122.
 Sadisdorf, 251.
 St-Anthony's Nose, 147.
 San-Antonio, 293.
 St-Austle, 274.
 St-Avoid, 97, 128, 394, 419.
 St-Blaise, 144, 450.
 San-Domingo, 160.
 St-Étienne, 112.
 St-Étienne en Navare, 265.
 St-Georges d'Hurtières, 257.
 St-Goar, 309.
 St-Martin, 355.
 Santa-Rosa, 237.
 Sala, 168.
 Salair, 305.
 Salzburg, 278.
 Salzgitter, 363.
 Sangerhauser, 124, 287.

 Santander, 92, 344, 393.
 Sarrelouis, 97, 128.
 Sauberg, 58, 250, 304.
 Scandinavie, 178, 410.
 Schapbach, 450.
 Schappach, 88, 267.
 Scharley, 341.
 Schemnitz, 49, 54, 98, 220, 230, 443.
 Schiltach, 446, 450.
 Schladming, 142, 289.
 Schlaggenwald, 68, 248.
 Schlangenberg, 305.
 Schmalkalden, 68.
 Schmiedeberg, 177, 250.
 Schmiedefeld, 192.
 Schmöllnitz, 78, 153.
 Schneeberg, 270, 285, 290.
 Schulenberg, 46.
 Schwaig, 167.
 Schwarzenberg, 207, 360.
 Schwatz, 172, 260, 261, 424, 427.
 Secsen, 122.
 Segeberg, 85.
 Seiffen, 103.
 Seligenthal, 346.
 Serbie, 337.
 Serra Mantiqueira, 166.
 Serra do Tapanhoacanga, 365.
 Seyda, 270.
 Siebengebirg (Bonn), 208, 310.
 Siegburg, 256.
 Siegen, 310.
 Sieger, 261.
 Sierra Almagrera, 315.
 Sierra Cabrera, 286.
 Sierra de Cadore, 322.
 Sierra Jadesña, 167.
 Sierra Nevada (Californie), 281, 368.
 Sierre, 141, 265, 286.
 Sievering, 85.
 Sigeth, 217.
 Silberberg, 57.
 Silbermountain, 219.
 Silbersand, 394.
 Silésie (Haute) (fer), 113, 114, 119,
 347.
 Silésie (Haute) (zinc), 337, 459.

- Singhbhum, 269.
 Sinka, 240.
 Skutterud, 142.
 Smeinogorsk, 305,
 Smith's Iron Mountain, 187.
 Snarum, 142.
 Sommerkal, 120.
 Sommeveire, 120.
 Sonthofen, 120.
 Soonwald, 364.
 Soetenich, 346.
 Spessart, 122, 450.
 Spotsylvania-County, 166.
 Springbokfontein, 276.
 Springs, 353.
 Stadtherge, 122, 125, 344.
 Starckenbach, 427.
 Stahlberg, 238, 317, 346, 350.
 Steinfeld, 365.
 Stellberg, 207.
 Stenn, 205.
 Sterling, 184.
 Sterzing, 146.
 Stolarzowitz, 343.
 Stolberg, 327, 442.
 Strömsheien, 198, 268.
 Suhl, 90.
 Supérieur (lac), 17, 185, 213, 299,
 397.
 Szlovinka, 264.

 Taberg, 67, 190, 379, 429, 461.
 Tamaya, 212.
 Tœnnichen, 118.
 Taranaki, 367.
 Tarnowitz, 341, 348, 459.
 Tatatila, 284, 301, 319.
 Tauern, 278.
 Tavistock, 275.
 Telkes-Rudobanyaer, 348.
 Telkibanya, 221.
 Tellemarken, 76, 267, 427, 432.
 Tennessee, 15, 151, 345.
 Teplitz, 249.
 Tergove, 260, 261, 427.
 Terra Nera, 251.
 Teschen, 18.
- Teutoburger-Wald, 113.
 Tharsis, 160.
 Todtmoos, 147.
 Tœrnebohm, 190.
 Tongoy, 212.
 Toscane, 91, 199, 351.
 Totos, 217, 219.
 Traverselle, 252.
 Trokenberg, 343.
 Tromsø, 155.
 Trondhjem, 15, 38, 78, 151.
 Truro, 275.
 Tschudack, 216.
 Tunaberg, 86, 168.
 Turcz, 221, 234.
 Turrach, 172.
 Tuttingen, 350.
 Twiste, 130, 419.

 Uckerath, 42, 44, 256, 310.
 Ufa, 127.
 Undal, 152.
 Unkel, 189.
 Upsala, 179.
 Utö, 86, 180.

 Val-Chaudière, 166.
 Val d'Einfisch, 286.
 Val Fassa, 446.
 Val Ferrara, 175.
 Val Sesia, 67, 198.
 Vallalta, 318.
 Valle, 268.
 Vassy, 120.
 Vena, 143.
 Vénézuéla, 265, 278.
 Vialas, 314.
 Victoria, 229, 247, 280, 432.
 Victoria-Furnace, 173.
 Vieille-Montagne, 68, 329.
 Villach, 167, 337.
 Villapando, 237.
 Villarica, 365.
 Villefort, 314.
 Villefranche, 314.
 Virginia-City, 226.
 Visegrad, 220.

DES LOCALITÉS CITÉES

- | | |
|--|--|
| <p>Vizille, 237.
 Vögelsgebirg, 364.
 Voigtland, 205.
 Voigtsdorf-Querbach, 149.
 Vordernberg, 172.
 Voerospatak, 42, 63, 221, 432, 439.

 Wallerfangen, 97, 128, 449.
 Warburg, 413.
 Warmbrunn, 149.
 Washoë, 219.
 Wasseraifingen, 120.
 Weilburg, 119, 211.
 Welkenrædt, 135, 328, 459.
 Werden-sur-la-Ruhr, 16, 110.
 Werfen, 262, 364.
 Weser, 114.
 Westphalie, 110, 112, 235.
 Wetzlar, 119, 351.
 Wicklow, 156, 239, 424.
 Wiesloch, 343.
 Willershausen, 120.
 Winden, 131.</p> | <p>Winterberg, 346.
 Wissokaja-Gora, 67, 191.
 Witten-sur-la-Ruhr, 16, 110.
 Wittichen, 99, 208, 238, 289,
 Wolfâch, 99, 292.
 Wolfsberg, 170.
 Wood's Point, 229, 280, 432.
 Wunsiedel, 173.
 Wûrbenthal, 270.

 ÿtteroën, 152.

 Zacatecas, 301.
 Zalathna, 221.
 Zalense, 406.
 Zaruma, 228.
 Zell, 96, 167, 424.
 Zellerfeld, 312.
 Zinnwald, 68, 245.
 Zomelahuacan, 284.
 Zorge, 41, 203, 379, 449.
 Zuckmantel, 270, 394.
 Zwickau, 112, 205.</p> |
|--|--|