Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 12 (1932)

Heft: 1

Artikel: Sur la classification des gîtes métallifères

Autor: Duparc, L. / Amstutz, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-13321

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.12.2025

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

Sur la classification des gîtes métallifères

par *L. Duparc* et *A. Amstutz,* à Genève.

Les différents auteurs qui se sont occupés de gîtes métallifères, ont dû nécessairement adopter une classification déterminée et nombreuses sont ces classifications, les auteurs s'étant souvent inspirés de principes fort différents.

Préparant nous-mêmes un traité de gîtes métallifères, nous nous sommes trouvés dans la nécessité de choisir parmi ces différentes classifications ou d'en établir une nouvelle, en nous inspirant des données déjà acquises et de nos observations personnelles. Nous savons fort bien que cette classification, comme les précédentes, présente forcément des points faibles, mais, pour classer les gîtes métallifères, nous pensons qu'il faut se baser principalement sur l'expérience, et s'appuyer autant qu'on le peut sur les données acquises par les reproductions de minéraux en laboratoire.

La présente note a pour but d'exposer d'une façon succincte cette classification, en donnant le minimum de détails pour sa compréhension. Les exemples qui ont été choisis sont tirés presque tous, soit de nos propres travaux, auxquels nous renvoyons pour les détails et figures, soit de gîtes que nous avons nous-mêmes examinés. Ce sera donc l'originalité de notre travail de ne faire intervenir, à peu d'exceptions près, que des choses vues personnellement.

Nous diviserons les gîtes de la façon suivante:

I. Gîtes de ségrégation magmatique.
II. Gîtes de concentration périphérique.
III. Gîtes d'injection lenticulaire.
IV. Gîtes de contact.
V. Gîtes filoniens.
VI. Gîtes métasomatiques.
VII. Gîtes d'imprégnation.
VIII. Gîtes sédimentaires.
IX. Gîtes d'altération.
X. Gîtes d'origine détritique.

Nous examinerons maintenant chacune de ces catégories, avec les subdivisions qu'elles comportent.

I. GITES DE SEGREGATION MAGMATIQUE

On sait que les silicates fondus qui constituent ce qu'en pétrographie on appelle le magma, sont des solutions réciproques d'une série de composants, dont la cristallisation subséquente par refroidissement est réglée par les lois de la physico-chimie. Nous savons aussi que dans ce magma silicaté, non seulement les silicates sont solubles en toutes proportions, mais encore bon nombre d'oxydes, tels que la chromite, les spinelles, la magnétite, l'ilménite, etc.

L'expérience a montré qu'il en est de même pour les sulfures, qui, dans les magmas basiques principalement, entre les températures de 1200° à 1900° notamment, entrent également en solution dans les silicates. On peut, par exemple, faire passer plus de 10% de sulfure de zinc ou de sulfure de manganèse dans un bain de silicates fondus, et ces sulfures, ainsi que les oxydes d'ailleurs, recristallisent comme tels après refroidissement. Il est vraisemblable que d'autres sulfures, comme la pyrite, la pyrite cuivreuse ou nickelifère, etc., se comportent de même, et nous savons que la solubilité de ces sulfures dans les silicates croît avec la température et aussi avec la pression. Il en résulte que les silicates fondus peuvent, dans des conditions favorables, dissoudre une quantité notable de ces sulfures.

Les métaux enfin paraissent également solubles dans les silicates fondus. Tel est sans doute le cas pour le cuivre, pour le platine et les métaux de son groupe.

Il résulte de ce qui précède que, dans un magma déterminé, lorsque les conditions de cristallisation le permettent, une partie ou la totalité de ces minéraux dissous peut se séparer, et nous avons ainsi dans la roche éruptive, produit de la consolidation du magma, des métaux natifs, des oxydes ou des sulfures, tantôt seuls, tantôt associés (platine dans la dunite et dans les ségrégations de chromite).

Les gîtes dits de ségrégation magmatique sont donc dus à la séparation des minéraux qui constituent le minerai au cours de la cristallisation du magma, la roche qui en provient pouvant être d'ailleurs acide, neutre ou basique.

Nous proposons de diviser les gîtes de ségrégation magmatique en deux groupes, soit en: 1. gîtes de ségrégation disséminée, et 2. gîtes de ségrégation en amas dans la roche éruptive.

1. *Gîtes de ségrégation disséminée.*

Dans les gîtes de cette catégorie, l'élément qui constitue le minerai est réparti d'une façon tantôt régulière, tantôt capricieuse dans la roche éruptive elle-même, mais toujours sous forme d'indi-

vidus de petite dimension. Tels sont, par exemple, les gîtes primaires de platine dans la dunite ou dans les pyroxénites [1]), où le métal est distribué d'une façon tout à fait irrégulière dans la roche mère, mais toujours en petits éléments. Tel est aussi le cas pour les gîtes platinifères du complexe de Bushveld, au Transvaal [2]), où le platine à l'état de sperrylite est associé à des sulfures de nickel et de cuivre, formant des mouches plus ou moins abondantes dans une norite.

Ces gîtes permettent rarement une exploitation directe du minerai. La roche qui le renferme doit être broyée et les minerais concentrés en vue d'un certain traitement.

2. *Gîtes de ségrégation par concentration en amas dans la roche éruptive.*

Ces gîtes consistent en amas plus ou moins considérables de minerai ségrégés dans la roche éruptive, et concentrés sur tel ou tel point déterminé. Dans ce cas, toutes les formes de passage sont possibles entre la roche plus ou moins minéralisée et le minerai compact.

Dans les roches basiques, nous avons tout d'abord les concentrations de chromite des péridotites et des serpentines qui en dérivent, concentrations de forme et d'abondance très variables, disposées en traînées, en nids, etc. D'une manière générale, ces ségrégations de chromite n'atteignent pas de bien grandes dimensions, mais celles de Nouvelle-Caledonie, que nous décrirons ultérieurement, atteignent exceptionnellement des dimensions considérables, et présentent parfois une forme très aplatie, pseudo-filonienne, qui semble dériver d'actions tectoniques exercées sur le magma pendant sa consolidation.

Les concentrations de magnétite dans les pyroxénites à olivine, qu'on rencontre si fréquemment dans l'Oural, au Koswinsky-Kamen [3]) sont également de petites dimensions; elles mesurent quelques mètres cubes à peine et n'ont jamais été exploitées. Exception doit être faite pour le gisement de Taberg en Suède, constitué par un amas de magnétite titanifère toujours associée à plus ou moins d'olivine, ségrégé dans une hypérite à péridot. Le

---

[1]) L. Duparc et M. Tikanovitch, Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural et du monde, Genève, Sonor éditeur, 1920, avec atlas.

[2]) Percy E. Wagner, The platinum deposits and the mines of South Africa, Oliver and Boyd éditeurs, Londres 1929.

[3]) L. Duparc et F. Pearce, Recherches géologiques et pétrographiques dans l'Oural du Nord, Mémoires de la Soc. de physique de Genève, 1902.

gisement mesure ici environ 1 km. de longueur sur 400 m. de largeur, mais le minerai est pauvre par suite de l'abondance de l'olivine.

Dans les gabbros francs et les gabbros à olivine, on trouve également des ségrégations de magnétite ou de magnétite titanifère, par exemple au Youbrechkine-Kamen[4]) dans l'Oural du Nord, qui sont disposées en schlieren d'une certaine épaisseur, mais qui, là encore, n'ont pu être exploitées.

Dans les roches acides, les amas de ségrégation magmatique paraissent beaucoup plus considérables et plusieurs d'entre eux ont donné naissance à de grandes exploitations. Toutefois, l'origine vraiment magmatique de ces gisements a été souvent contestée. Ainsi par exemple, dans l'Oural, les célèbres gisements de Wissokaia-Gora et de Goroblagodat, qui ont été longtemps considérés comme des ségrégations magmatiques de magnétite et d'oligiste dans des porphyres syénitiques, sont aujourd'hui attribués indiscutablement aux gîtes de contact. Il reste cependant les énormes gisements de Kirunavara et Luossavara[5]) en Suède, qui constituent une formidable réserve de fer et qui sont considérés comme une masse de minerai de fer magnétique ségrégée dans les syénite-porphyres. La longueur du gisement de Kiruna est de 3,5 km. et de 4.75 km. si l'on y ajoute celui de Luossavara. L'épaisseur du minerai de Kiruna varie de 28 à 145 m. et celle de Luossavara de 25 à 58 m., le minerai compact formant une crête continue qui surplombe les régions avoisinantes.

II. GITES DE CONCENTRATION PERIPHERIQUE

Ceux-ci sont également dûs à une ségrégation magmatique au sein d'une roche éruptive ordinairement basique, formant des laccolithes ou des batholithes, mais les ségrégations, au lieu de rester disséminées dans la roche éruptive ou concentrées en amas isolés dans celle-ci, viennent se localiser au contact immédiat de cette roche éruptive avec les formations dans lesquelles elle a pénétré. Le minerai développé au contact n'est en aucune façon dû à la réaction chimique entre les deux formations qui se touchent. Le phénomène est ici purement physique, et le minerai a émigré au contact par suite d'un phénomène qui peut s'expliquer par le principe de SORET[6]).

---

[4]) L. DUPARC, F. PEARCE et M. TIKANOVITCH, Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord, 3ème mémoire: Le bassin de la Haute Vichera, Soc. de physique de Genève, 1909.

[5]) P. GEIJER, Geology of the Kiruna District, Stockholm 1910, avec résumé dans Econ. geol. Vol. 5.

[6]) CH. SORET, Sur l'état d'équilibre que prend, au point de vue de sa

Ce dernier a montré en effet que, lorsque deux parties d'une solution saline sont maintenues à des températures différentes, la concentration tend à augmenter dans la partie froide au dépens de la partie chaude. Ces expériences ont été répétées sur des milieux fondus de consistance visqueuse par WESSEL, avec un résultat semblable. Dans ces conditions, le magma qui a constitué primitivement la roche éruptive a dû, au moment de sa cristallisation partielle et à l'époque où il était encore visqueux, subir un phénomène de concentration périphérique des éléments lourds contenus dans ce magma, par l'abaissement de la température produit au contact.

Les gîtes de cette nature sont surtout représentés par des minerais sulfurés (sulfures de nickel, cuivre, fer, souvent avec sperrylite, etc.). Tels sont par exemple les gisements de Meinkjar et Erteli[7]) en Norvège, où, sur le pourtour d'un laccolithe de norite dans les gneiss, se trouvent des gisements continus ou discontinus de pyrite magnétique nickelifère.

Les gisements de Sudbury constituent d'autre part un excellent exemple de ségrégation périphérique, tant par leur caractère typique que par leur importance (visité en 1930). Ces gisements sont répartis sur le pourtour d'un immense laccolithe, qui affecte la forme d'une cuvette interstratifiée entre diverses formations laurentiennes à la base et des sédiments détritiques ou tufacés en dessus. La différenciation qui s'est opérée pendant l'intrusion de ce laccolithe, est telle que les parties supérieures sont granitiques, tandis qu'à la base ce sont essentiellement des norites. En même temps que cette différenciation, une concentration des sulfures dissous dans le magma a dû s'effectuer à la périphérie du massif intrusif, et des masses plus ou moins tabulaires de minerais se sont ainsi constituées près des formations basales. En outre, des masses de minerais sensiblement analogues, dénommées offsets par les géologues américains, se sont introduites en dykes dans les mêmes formations encaissantes. Ces minerais sont essentiellement formés de pyrrothite, chalcopyrite et pentlandite, avec pyrite subordonnée et traces de Pt, Au et Ag, notamment de sperrylite. Une séparation par gravité a probablement contribué dans une certaine mesure à la ségrégation de ces gisements dont la principale étude est due à COLEMAN[8]).

---

concentration, une dissolution saline primitivement homogène dont deux parties sont portées à des températures différentes. Arch. des Sc. phys. et nat. **II**, 1879, et Annales de chimie et phys. T. **XXII**, 1881.

[7]) VOGT, Zeitschr. für prakt. Geologie, 1893.

[8]) Jour. of geol., t. **15**, p. 759.

III. GITES D'INJECTION LENTICULAIRE

Ces gîtes sont également d'origine magmatique et consistent en lentilles plus ou moins importantes, simples ou ramifiées, injectées généralement à l'intérieur de roches schisteuses. Ces lentilles sont formées surtout de minerais pyriteux, soit de pyrite pure, soit de pyrite plus ou moins cuivreuse. Divers auteurs ont attribué à des gisements de ce genre une genèse sédimentaire, hydrothermale, métasomatique, etc., mais nous pensons que ces gîtes sont rattachables à ceux de ségrégation magmatique, bien que dans la majorité des cas leur relation avec la roche éruptive génératrice ne soit pas visible. Pour nous, ces gîtes se sont formés de la façon suivante:

Première phase: Les sulfures dissous dans le magma ont subi un phénomène de concentration périphérique analogue à celui indiqué pour les gîtes du type précédent, cette concentration ayant pu s'effectuer à une profondeur variable.

Deuxième phase: A la suite des dislocations dues aux mouvements orogéniques, il s'est produit dans la couverture schisteuse de la roche éruptive profonde des décollements et des vides, dans lesquels les sulfures ont été immédiatement injectés par la pression. Ces sulfures se sont consolidés dans les cavités ainsi remplies, et la voie d'accès, qui pouvait être originellement une fissure assez mince, s'est refermée par la continuation du même mouvement.

Ces intrusions de pyrite peuvent donc être considérées comme de véritables laccolithes de sulfures injectés dans des formations schisteuses, et présentent une certaine analogie avec les lentilles de pegmatite, bien que la genèse de celles-ci soit différente. Les lentilles pyriteuses ainsi formées sont tantôt isolées, tantôt ramifiées et reliées par d'étroites veinules de pyrite. Tel est le cas, par exemple, pour le gisement de Ziuzelski[9]) dans l'Oural. On a trouvé là une première lentille pyriteuse, intercalée dans des schistes verts correspondant en partie à des diabases altérées et dynamo-métamorphosées. Cette lentille, recouverte en surface d'un chapeau de fer assez épais, était formée par de la pyrite contenant de la pyrite cuivreuse, et était enveloppée en quelque sorte d'une gaine de pyrite pure. A l'est de cette grande lentille, on rencontra par des sondages, à différents niveaux, une série de petites lentilles de pyrite cuivreuse d'importance très variable. Elles formaient un véritable chapelet et plusieurs d'entre elles communiquaient avec un mince cordon de pyrite.

---

[9]) L. Duparc et H. Sigg, Les gisements de cuivre de la Syssertskaya-Datcha dans l'Oural, Mémoires du Comité géol. de Russie, Nelle. série, livraison **101**,

Nous rapportons aux mêmes phénomènes d'injection les grandes lentilles pyriteuses de Rio-Tinto et Tharsis, dont quelques-unes dépassent 100 m. d'épaisseur et dont l'origine a été tant discutée (visité par l'un de nous en 1923). Leurs relations avec les dykes porphyriques qui sont généralement au contact de ces gisements, sont encore problématiques, mais nous pensons que ce voisinage peut être expliqué par de simples actions tectoniques, sans chercher des relations génétiques plus étroites. Il est bien probable, en effet, que l'injection pyriteuse dans les schistes paléozoïques s'est faite au voisinage des masses porphyriques, relativement rigides, par un effet purement mécanique, la pyrite étant issue d'un magma tout différent de celui des porphyres. En outre, pour préciser notre conception de l'injection, notons qu'on peut éliminer presque complètement l'idée d'une substitution des schistes par le magma, et que l'écartement des strates schisteuses a dû s'effectuer au fur et à mesure de l'injection, à la fois par des causes tectoniques et par la pression de la matière injectée. Quant aux phénomènes de substitution hydrothermale que l'on observe parfois sur le bord des lentilles, il est évident qu'ils ont pu s'associer après coup au phénomène principal, qui est l'injection.

IV. GITES DE CONTACT

Ces gîtes, formés au contact immédiat des roches éruptives avec les formations qui constituent leur couverture, sont généralement liés aux roches profondes ou laccolithiques, et principalement aux roches acides. Ici, contrairement à ce qui se passe pour les gîtes de ségrégation périphérique, il y a réaction chimique du magma éruptif sur la roche encaissante, avec production de minéraux nouveaux formés par les apports des deux roches en contact.

Cependant, l'analyse montre souvent que les éléments du minerai accumulé au contact ne se retrouvent guère dans ces deux roches. C'est le cas, par exemple, pour certains gisements de fer oligiste ou de magnétite au contact de calcaires avec le granite, où les calcaires sont du carbonate de chaux presque pur, et où le granite ne renferme qu'une très petite quantité de fer. Il faut donc, dans ces cas, qu'un élément invisible ait accompagné la venue de la roche éruptive, et c'est alors qu'interviennent les minéralisateurs tels que fluorures, chlorures, etc. accompagnés ou non de vapeur d'eau. Ces derniers, dégagés par la roche éruptive elle-même, ont donné une certaine

p. 49, 1914. — A. Mabut, Etude pétrographique du district minier de Syssertsks, Thèse, Genève, 1920.

mobilité aux éléments du minerai, et ont permis leur transport dans un état fluide par des phénomènes tout à fait comparables à certaines réactions de laboratoire que nous exposerons en détail plus tard.

Nous subdiviserons les gîtes de contact en: 1. gîtes de télécontact, et 2. gîtes de péricontact.

1. *Gîtes de télécontact.*

Ces gîtes sont dûs aux gaz ou vapeurs émanés de la roche éruptive pendant ou après sa consolidation. La minéralisation est ici développée à une certaine distance de cette dernière dans les terrains qui la recouvrent, les minéralisateurs ayant pénétré dans leur masse soit par des fissures, soit par simple perméabilité. Dans les deux cas, la roche dans laquelle s'est développé le minerai, a subi elle-même un métamorphisme plus ou moins intense de la part de ces minéralisateurs.

Le gisement de molybdénite d'Azegour[10]) peut être considéré comme un prototype de gîtes de cette nature. Ici, sur un soubassement granitique, nous avons un complexe épais de schistes anciens accompagnés de calcaires. Le granite n'apparaît pas dans ce complexe, mais les calcaires sont en partie transformés en cornéennes à grenat, qui sont imprégnées de molybdénite dans les parties basses et moyennes du gisement, tandis que l'on voit apparaître la blende, la pyrite, la chalcopyrite dans les parties supérieures, à tel point que le gisement a tout d'abord été exploité pour le cuivre. Ici, la minéralisation s'est produite dans les calcaires par une sorte de distillation fractionnée. Le molybdène est resté dans les parties basses du gisement, tandis que le zinc et le cuivre, de poids atomiques voisins et plus légers que le molybdène, ont été transportés dans les parties supérieures.

2. *Gîtes de péricontact.*

Dans ces derniers, le minerai est accumulé au contact direct de la roche éruptive et des formations qui constituent sa couverture, en amas généralement sporadiques. Quelquefois même le minerai, accompagné de cornéennes ou de roches métamorphosées diverses, forme des enclaves au sein de la roche éruptive.

---

[10]) L. Duparc, Rapport sur le gîte de molybdénite d'Azegour, avril 1930, Sté le Molybdène, et: Les gisements de molybdénite d'Azegour, Congrès international des mines, Liège 1930.

Pour les minerais oxydés (magnétite et oligiste) on peut citer comme gîte de péricontact delui de Troitsk[11]) sur la Koswa, dans l'Oural, où la magnétite et l'oligiste, accompagnées de cornéennes, sont développées sporadiquement sur le pourtour d'un grand affleurement de granit-porphyre. Dans celui-ci, on trouve aussi des enclaves détachées de la couverture minéralisée. Ou encore les gisements de Wissokaia-Gora[12]) à Taguil, dans l'Oural, où, au milieu d'une bande de syénite-porphyre, nous avons une zône de calcaires complètement métamorphosés en cornéennes à grenat et épidote, avec séparation massive de magnétite compacte.

On pourrait citer de nombreux exemples de gîtes de péricontact pour les minerais sulfurés, notamment pour les minerais de cuivre. Celui de Gumeschewsky[13]) sur la propriété de Syssert, dans l'Oural du Sud, est au contact direct du granite avec des calcaires. Le long de ce contact, sur une certaine épaisseur, les calcaires ont été transformés en cornéennes à grenat, plus ou moins imprégnées de chalcopyrite, tandis qu'en d'autres endroits il s'est formé au contact immédiat une zône d'épaisseur variable de chalcopyrite, qui relaye les cornéennes. Le gisement a d'ailleurs été fortement altéré dans sa partie supérieure et le contact direct du calcaire et du granite, avec la chalcopyrite intercalée, ne se trouve dans toute sa fraîcheur qu'à une certaine profondeur.

V. GITES FILONIENS

Ces gîtes résultent du remplissage de vides préexistants, fissures, cavités, etc. par des produits provenant de gaz ou de solutions. Nous les diviserons en deux groupes, qui, bien que leur genèse soit différente, sont souvent étroitement liés. Ce sont: 1. les filons pneumatolytiques, 2. les filons hydatogènes appelés aussi filons concrétionnés.

1. *Filons pneumatolytiques.*

Ils résultent de la localisation dans les fissures de produits qui proviennent de gaz ou vapeurs émanant directement du magma pro-

---

[11]) L. Duparc et L. Mrazec, Le minerai de fer de Troitsk, Mémoires du Comité géol. de Russie, Liv. **15**, Nelle. série, 1904.

[12]) Ch. Tschernicheff, Carte géologique des environs de Nijni-Taguil avec Wyssokaia-Gora, Livret-guide des excursions du 7ème Congrès géol. international, St. Petersbourg, 1897.

[13]) L. Duparc et H. Sigg, Les gisements de cuivre de la Syssertskaya-Datcha, op. cit.

fond. Ces produits sont dûs soit à la condensation, soit à la réaction réciproque des gaz les uns sur les autres à l'état sec ou, plus souvent, en présence de vapeur d'eau (filons pneumatolytiques hydatogènes). Cette dernière genèse peut d'ailleurs se reproduire au laboratoire en faisant réagir les uns sur les autres certains gaz ou vapeurs humides, ordinairement sous pression. Souvent, les gaz ont exercé une action corrosive et minéralisatrice sur le milieu encaissant, qui se trouve alors profondément transformé de part et d'autre du filon. Comme exemples, on peut indiquer les filons de pegmatites, dont les éléments sont souvent de grande dimension, et qui renferment des minéraux divers aussi bien métalliques que non métalliques; puis les filons d'étain et de wolfram [14]) que plusieurs auteurs groupent sous le nom de *filons stannifères*. Ordinairement ces filons pneumatolytiques sont toujours étroitement liés à des roches acides profondes. Ils affectent souvent une disposition lenticulaire, par suite d'un phénomène analogue à celui des gîtes pyriteux d'injection.

2. *Filons hydatogènes.*

Ceux-ci constituent la grande majorité des filons, et peuvent renfermer les minerais des métaux les plus divers (or, argent, cuivre, etc.). Ces minerais, le plus souvent à l'état de sulfures, sont disséminés ou répartis d'une façon plus ou moins spéciale dans une gangue constituée par un nombre généralement restreint de minéraux. Les éléments du minerai et de la gangue sont contenus dans des solutions, qui les déposent soit par refroidissement ou perte du solvant, soit par une réaction mutuelle des corps dissous. L'arrivée de ces solutions minéralisatrices dans la cassure qui constituera le filon peut se faire soit per ascensum, soit per descensum, les filons produits per ascensum constituant de beaucoup la grande majorité des formations de ce genre. Dans ce dernier cas, les solutions sont toujours en rapport plus ou moins immédiat avec des roches éruptives, auxquelles elles ont emprunté leur minéralisation soit par la fixation d'émanations, soit par la dissolution d'éléments déjà minéralisés distribués dans la roche éruptive. On comprend aisément que dans ces conditions il doit exister de nombreuses formes intermédiaires entre les filons pneumatolytiques hydatogènes et les filons hydatogènes proprement dits. Les eaux minéralisatrices peuvent être à des températures très différentes, voire même à la température ordinaire, et les réactions qui entraînent la formation des gangues et des minerais se sont produites dans la

[14]) L. Duparc, Über die Wolfram- und Uran-Erzlagerstätten von Vizeu in Portugal, Tschermaks min.-petrogr. Mitteilung., Bd. 38, 1925.

majorité des cas entre des solutions très diluées. On sait, par exemple, que pour obtenir artificiellement des cristaux de barytine, qui forme la gangue de certains filons, il faut faire réagir l'une sur l'autre deux solutions extrêmement diluées d'un sel de baryum et d'un sulfate soluble, faute de quoi le sulfate de baryum précipite à l'état pulvérulent. Souvent le remplissage de la cavité qui a donné naissance au filon n'est pas complet, ce qui se traduit par une structure géodique.

Comme exemples de filons hydatogènes, mentionnons les filons aurifères, plombifères et blendifères de types variés, les filons à sulfures complexes, etc. etc. que nous décrirons plus tard. Nous décrirons notamment les filons de quartz aurifère du Callao [15]) au Venezuela, et ceux du Mother Lode, en Californie, qui sont classiques et qui constituent un système filonien s'étendant sur plus de 150 km. De même, les importants filons aurifères de Hollinger et de Porcupine District, au Canada, que nous avons également examinés, et divers filons aurifères de Transylvanie, plus ou moins chargés de sulfures, dans des andésites propylitisées ou autres formations volcaniques tertiaires. Les gisements classiques de Pribram, les filons de pechblende de Joachimsthal, et d'autres gisements de types variés nous serviront également d'exemples [16]).

Les filons hydatogènes per descensum sont beaucoup moins fréquents, et d'une importance beaucoup moins grande que les précédents, et cependant la formation per descensum était celle qu'on admettait jadis le plus généralement. Ici, la minéralisation des eaux n'a pas son origine dans des roches éruptives profondes. Elle est due à la décomposition du milieu traversé par les eaux d'infiltration, avec solubilisation partielle des éléments décomposés. C'est évidemment ainsi que se sont constitués les filons de sécrétion latérale, dont le matériel constitutif, concentré dans les fissures, était primitivement contenu dans les roches encaissantes sous des formes variées, mais généralement à l'état de silicates ou de sulfures. Ce sont des filons, ou plutôt des veines de ce genre, qui constituent en partie les gisements de nickel de la Nouvelle-Calédonie. L'altération super-

[15]) L. Duparc, Les roches vertes et les filons de quartz aurifère du Callao au Venezuela, Schweiz. miner. und petr. Mitteilungen, t. **II**, p. 1—68, 1922.

[16]) L. Duparc et A. Borloz, Les gîtes filoniens des environs de Salsigne, Bull. suisse de minéralog. et pétrog., t. **VIII**, 1928. — L. Duparc et Ch. Wauker, Les gisements aurifères des environs de Saint-Yrieix, Archives des sc. phys. et nat., vol. **12**, Genève 1930. — G. Nicolet, Les gisements filoniens de sidérose d'Allevard (Dauphiné), Thèse, Genève, 1931. — G. Ladame, Le Mont Chemin, étude géologique et minière, Thèse, Genève, 1930. M. Gysin, Les mines d'or de Gondo, Mat. pour la Géol. de Suisse. 1930. — Etc.

ficielle des massifs péridotiques plus ou moins serpentinisés, a produit en certains points de ces massifs une couverture d'argiles ou terres résiduelles, nickelifères, sous laquelle les fissures de la roche en place ont été comblées par des silicates hydratés de nickel et magnésie, tels que la garniérite, genthite, etc. Ces fissures, plus ou moins ramifiées, ne dépassent généralement pas une dizaine de mètres et le minerai qui participe à leur remplissage provient évidemment des traces de nickel contenues dans les roches encaissantes soit à l'état de sulfures finement grenus, soit comme partie constituante des silicates ferro-magnésiens.

VI. GISEMENTS METASOMATIQUES

Ces gîtes résultent de l'action chimique exercée par des solutions minéralisatrices sur des roches qu'elles décomposent, avec apport ou échange mutuel d'éléments, ces phénomènes pouvant dans une certaine mesure se reproduire par des expériences de laboratoire que nous décrirons plus tard. Ces solutions minéralisatrices ne sont ordinairement pas en relation évidente avec des roches éruptives, et leur origine est souvent tout à fait inconnue. Dans certains cas, cependant, leur genèse est facile à établir. Ainsi, dans les gisements de calamine qu'on trouve fréquemment dans les fissures, les cavités ou anfractuosités des calcaires, les solutions qui renfermaient le zinc proviennent de l'altération et dissolution d'une blende préexistante, qui se trouvait dans la cavité même ou à proximité de celle-ci. La calamine est alors produite par la réaction de ces solutions sur les calcaires siliceux avec lesquels elles se trouvent en contact.

C'est à la métasomatose que sont dûs certains gîtes de cuivre comme ceux du Niari[17]) par exemple, où les calcaires ont été substitués par de la chalcopyrite amenée par des eaux minéralisatrices, ce minerai ayant subi par la suite une série de transformations.

Tel est aussi le cas pour le gisement de Saint-Avre[18]) en Maurienne, où une dalle de calcaires dolomitiques, épaisse de 30 mètres environ, est appuyée en discordance sur des schistes cristallins redressés. Dans ce complexe dolomitique on trouve, échelonnés à divers niveaux, des bancs qui ont subi une transformation profonde, se sont chargés de silice et de fluorine, et se sont imprégnés de blende

---

[18]) L. Duparc, Sur le gisement de St. Avre en Maurienne. C. R. Soc. phys. de Genève, vol. **40**, 1923. — R. Maurice, Etude géologique et chimique du gisement de Saint-Avre en Maurienne. Thèse, Genève, 1931.

[17]) L. Duparc, Les gîtes cuprifères du Niari (Congo français), Bull. suisse de minér. et pétrog., t. **X**, p. 181, 1930.

et galène. Cette minéralisation ne s'est d'ailleurs pas répartie dans toute la masse des dolomies, mais s'est produite là où celles-ci étaient suffisamment fissurées pour permettre l'arrivée des eaux minéralisatrices.

Un autre exemple de métasomatose est fourni par les gisements de Monteponi, en Sardaigne (visités en 1924) où des amas plus ou moins columnaires de calamine et de galène argentifère, avec pyrite, baryte, etc. sont disposés dans des calcaires cambriens dolomitiques. Ces amas sont plus ou moins interstratifiés dans les calcaires, et sont généralement développés le long d'anciennes fissures parallèles ou de diaclases. Parfois ils sont séparés des roches encaissantes par des masses argileuses et ferrugineuses, tandis qu'ailleurs ce sont des brèches de calamine englobant des fragments calcaires, ou des masses informes d'anglésite et cérusite dérivant de l'altération de la galène.

Dans les gisements de Rudabanya, en Hongrie, des bancs calcaires intercalés dans des schistes argileux campiliens, ont été complètement remplacés par la sidérose en certaines parties, ou simplement ankéritisés en d'autres endroits. Ces bancs calcaires se retrouvent en trois horizons et sont généralement épais de 3 ou 4 mètres. La substitution s'est faite surtout dans les calcaires purs ou bréchoïdes, tandis que l'ankérite correspond généralement aux anciennes zônes dolomitiques. Des transformations secondaires ont fortement limonitisé les parties bien minéralisées.

C'est à la même origine qu'il faut rattacher la formation des gîtes de fer carbonaté de la Caunette [19]) dans le Midi de la France. Ici, on constate une vraie fissure le long de laquelle s'est formée la sidérose au détriment des calcaires, avec imprégnations locales de blende, galène et cuivre fortement argentifère. Par altération, cette sidérose s'est transformée en limonite. Il existe en outre six bancs successifs plus ou moins minéralisés, que l'on appelle filons est-ouest, mais qui sont en réalité des bancs calcaires minéralisés in situ, avec imprégnations des mêmes sulfures. Ces bancs sont assez épais, et le plus important mesure 60 m. On y voit très nettement le passage des calcaires à la sidérose, et près de la surface, le passage de celle-ci à la limonite.

Dans les cas précédents, les métasomatoses se sont faites à températures relativement basses, peut-être même à la température ordinaire, sur des roches calcaires, qui sont d'une manière générale

[19]) L. Duparc, Rapport sur les mines de la Caunette (non édité), 1931.

des roches éminemment remplaçables. Mais les substitutions affectent aussi des formes bien différentes, et peuvent porter sur des roches éruptives et d'une manière générale sur toute espèce de roches, même sur des quartzites et des schistes argileux. Elles se sont faites parfois à de grandes profondeurs, à des températures et pressions très élevées, les venues métallifères étant dans ce cas liquides ou gazeuses, dans un certain état de coalescence ou en dessus de la température critique des divers éléments. Il est généralement bien difficile, sinon impossible, d'établir l'origine de ces venues métallifères et de se rendre compte des magmas dont elles émanaient, de même qu'il est bien difficile de définir exactement l'état de fluidité dans lequel elles ont agi, lorsque la température et la pression étaient très élevées. Mais presque toujours leur circulation ascendante a dû se faire le long de fractures et fréquemment de contacts hétérogènes, ces venues dissolvant évidemment la roche encaissante et entrainant les éléments dissous en même temps qu'elles déposaient leurs apports.

Le gisement de Jerome[20]), en Arizona, représente une substitution de ce dernier genre, et résulte d'un remplacement pyritique dans des formations éruptives et métamorphiques précambriennes, essentiellement formées de tufs et de roches d'épanchement, et pénétrées de granites également précambriens. Le gisement a la forme d'une grande colonne à section elliptique, presque verticale, reconnue jusqu'à un millier de mètres environ sous la pénéplaine précambrienne. Le tout est recouvert de sédiments paléozoiques postérieurs aux venues métallifères et par des basaltes tertiaires. La minéralisation primitive est essentiellement pyriteuse, avec chalcopyrite, blende et un peu de bornite, tandis que la chalcosine constitue les parties enrichies secondairement. En somme, le gîte résulte d'un remplacement pyritique et quartzeux, le long de fissures, par des solutions ou émanations d'origine profonde, probablement magmatique, à température relativement élevée et très forte pression.

Le gisement de Noranda, dans la province de Quebec, est également typique parmi les gisements de ce genre. C'est un grand amas pyriteux dans des rhyolites bréchoïdes, avec chalcopyrite, blende et or libre ou en tellurures. Un grand dyke diabasique recoupe la masse pyriteuse et sa mise en place semble à première vue postérieure à la minéralisation, mais elle doit être antérieure, car ce dyke est exempt de broyage et sa compacité l'a vraisemblablement préservé de la substitution.

---

[20]) Lindgren, Ore deposits of Jerome. Bull. 782 U. S. A. Geol. Survey, 1926.

Dans le gisement de Magma, en Arizona, le remplacement a porté sur les sédiments paléozoiques et sur un grand sill diabasique, le long d'une fracture E—O. Le minerai primaire consiste en bornite, chalcopyrite, blende et pyrite, dans une gangue quartzeuse, tandis que la chalcosine, les carbonates et les silicates prédominent dans la zône d'altération.

Le gîte de Bor, en Serbie, s'explique par un remplacement pyritique et quartzeux de forme columnaire, dans un massif microdioritique postérieur aux sédiments crétacés sus-jacents. Les venues hydrothermales ont circulé dans ce massif par un système de fractures NO—SE et constitué une colonne, à section elliptique, de pyrite légèrement cuivreuse, avec un peu d'énargite, barytine, etc., plongeant de 60° au SO. Dans la zône d'enrichissement, ce minerai primaire est imprégné de covelline, avec un peu de chalcosine et enargite secondaire, mais dans la colonne inclinée cette zône est limitée à la projection verticale de l'affleurement. Les microdiorites encaissantes ont été profondément altérées dans le voisinage des fractures précitées, notamment au mur du gîte, et il est bien probable que cette altération et la minéralisation se sont faites conjointement.

VII. GITES D'IMPREGNATION

Nous distinguerons nettement ces gîtes des précédents. Ici, en effet, nous n'avons pas formation de minerais par réaction chimique d'une solution sur le milieu encaissant, mais simplement dépôt de minerai dans les pores naturels de la roche ou dans de petites cavités résultant de la dissolution préalable de tel ou tel minéral constituant. Tantôt les solutions minéralisatrices abandonnent le minerai dissous par simple perte du solvant, abaissement de température ou autre phénomène physique, tantôt ces solutions subissent en cours de route une modification chimique qui entraîne la précipitation du minerai.

La formation de ces gisements peut être illustrée par les pisolites pyriteux de Hammam-Meskoutine[21]) en Algérie. Ces pisolites ressemblent à de petits cailloux de pyrite dont la surface est extrêmement brillante, mais en les coupant on constate que ce sont des fragments de travertins analogues à ceux qui sont en place dans la région. Ce ne sont d'ailleurs que des morceaux de calcaire tombés dans la cheminée des sources, et ramenés à la surface par la force ascensionnelle de l'eau, après avoir été spontanément recouverts d'un

---

[21]) L. Duparc, Notice sur les pisolites des sources de Hammam-Meskoutine. Arch. des Sciences phys. et nat., t. **20**, p. 537, 1888.

très faible dépôt de pyrite à un moment donné de leur ascension. Ces eaux sont chaudes et cette pyritisation se fait à une température voisine de 100°, mais ailleurs des pyritisations semblables peuvent se produire plus lentement à une température beaucoup plus basse. C'est à des phénomènes de ce genre qu'il faut attribuer, par exemple certains gîtes pyriteux où la roche primitive, représentée par une quartzite ou un schiste quartzito-micacé, a été imprégnée ultérieurement d'une façon plus ou moins complète par la pyrite, notamment le gîte de Diégtarsky[22]) sur la Syssertskaia-Datcha, dans l'Oural du Sud.

C'est à une genèse analogue qu'il faut sans doute rattacher les célèbres gisements du Lac Supérieur[23]) dans lesquels le cuivre natif imprègne certains conglomérats, ou remplit les amygdales de roches mélaphyriques. Ici l'imprégnation s'est faite par des eaux cuprifères, et c'est évidemment à un phénomène de précipitation locale qu'est due la formation du cuivre métallique.

Le gisement d'Almaden constitue d'autre part un remarquable exemple de minéralisation par imprégnation (visité en 1923). Les venues hydrothermales ont localisé leurs dépôts dans trois couches de quartzite intercalées dans des schistes siluriens plissés et redressés. L'une de ces couches est imprégnée de cinabre dans la majeure partie de sa masse, tandis que dans les deux autres ce sont plutôt des veines se recoupant mutuellement. L'examen microscopique des minerais montre que le cinabre s'est intercalé entre les grains de quartz de la roche, au travers de laquelle les solutions minéralisantes ont évidemment circulé lorsqu'elle était encore poreuse. C'est probablement par leur nature sodique et sulfurée que ces dernières tenaient le cinabre en solution, conformément à ce qu'on observe au laboratoire, mais les modifications physiques ou chimiques qui ont déterminé le dépôt du cinabre n'ont pas encore été bien éclaircies. Une légère attaque des grains de quartz semble d'ailleurs s'être effectuée en même temps que le dépôt.

VIII. GITES SEDIMENTAIRES

Ces gîtes comprennent les dépôts variés qui se sont formés dans l'eau et qui sont caractérisés par leur stratification, chaque strate marquant un épisode dans la formation. Il est évident que les couches

---

[22]) L. Duparc et J. Sigg, op. cit.

[23]) L. Duparc, Sur la région cuprifère de l'extrémité NE de la péninsule de Keweenaw. Arch. des Sciences phys. et nat., t. **10**, 1900.

qui constituent le minerai ont été fréquemment dérangées de leur position horizontale primitive par les divers phénomènes orogéniques.

Nous les diviserons en deux catégories, soit:

1. les gîtes sédimentaires par précipitation,
2. les gîtes sédimentaires par cristallisation.

1. *Gîtes sédimentaires par précipitation.*

Dans ceux-ci, le matériel qui constitue le minerai a été précipité au sein de l'eau des lacs ou des mers par divers processus que l'on peut grouper comme suit:

a) *Précipitation mécanique* de produits très fins contenus en suspension dans l'eau.

b) *Précipitation chimique* par suite de réactions modifiant les propriétés du milieu dans lequel les substances précipitées se trouvaient dissoutes. On sait par exemple qu'un départ d'acide carbonique dans des eaux contenant en dissolution du bicarbonate de chaux ou de fer, entraîne la précipitation de ces éléments. D'autre part, sous l'influence de l'oxydation, certains sels précipitent sous forme d'hydrates ou de carbonates (gisement de fer et manganèse).

c) *Précipitation par des organismes* de substances dissoutes dans l'eau. On sait que certains organismes retirent de l'eau différents sels dont ils fixent les métaux, et qu'après leur mort ils tombent au fond des bassins lacustres ou marins, en formant des boues organiques dans lesquelles il se produit ultérieurement une mise en liberté partielle et une transformation des éléments minéraux contenus dans ces organismes. Il se produit, par exemple, un certain dégagement d'hydrogène sulfuré qui peut réagir avec le fer en donnant des sulfures, tandis que les matières organiques se décomposent en donnant naissance à des hydrocarbures (roche mère du pétrole). Des phénomènes de ce genre se produisent aujourd'hui sur une vaste échelle dans la Mer Noire, dont l'eau renferme dans les profondeurs de l'hydrogène sulfuré produit probablement par la réduction des sulfates. Il en est de même dans certains lacs, où l'eau profonde est saturée d'hydrogène sulfuré, dans le lac de la Girotte, en Savoie, par exemple [24]).

La fixation de certains éléments minéraux contenus en solution dans l'eau peut aussi se produire par adsorption, lorsque les conditions s'y prêtent. On sait en particulier que des substances comme

---

[24]) A. Delebecque, Les lacs français. Paris, 1898.

le kaolin, l'argile, la silice gélatineuse, ont la propriété de retenir certains sels en solution.

Les gîtes sédimentaires par précipitation ont toujours une certaine étendue et une certaine puissance. Ils caractérisent un niveau déterminé dans les formations, mais très souvent leur extension en tant que minerai est restreinte, parce que leur formation tient souvent à des conditions qui sont plus ou moins locales. Ainsi par exemple, dans certains minerais qui se forment sur le fond (limonite et autres) l'épaisseur n'est évidemment pas égale partout, et des dépôts assez épais en certains endroits peuvent s'effiler en d'autres.

Parmi les gîtes sédimentaires qui nous serviront d'exemples, citons les dépôts oolithiques du bassin de Briey, dans des calcaires jurassiques, et les gisements de limonite oolithique d'Algérie, notamment ceux d'Ain-Babouche[25]) entre le crétacé supérieur et le tertiaire. Citons également les dépôts de chamosite de Nucice, dans l'ordovicien de la Bohème centrale, et le gîte manganésifère algonkien des Zelesne-Hory, partiellement métamorphosé par des granites varisques, puis fortement épigénisé par l'altération superficielle[26]).

Certains gisements d'oligiste, de magnétite, ou même de pyrite, intercalés dans des formations métamorphiques, sont peut-être aussi d'origine sédimentaire, le métamorphisme les ayant complètement transformés.

2. *Gîtes sédimentaires par cristallisation.*

Ces gisements se forment par cristallisation directe d'éléments solubles contenus dans les eaux, notamment dans les eaux de mer, lorsque l'évaporation dans un bassin plus ou moins fermé les amène à saturation. Ces éléments se déposent alors sur le fond du bassin dans un ordre déterminé, régi par les lois de la physico-chimie. Tel est le cas pour la formation des gîtes de sel, dans lesquels on remarque une ordonnance identique dans la succession des divers dépôts. Les éléments les moins solubles (gypse) occupent généralement le fond, tandis que les plus solubles sont voisins de la surface. Dans ces gisements, la succession est complète lorsque la con-

---

[25]) L. Duparc et G. Favre, Le fer sédimentaire de l'Afrique du Nord et les minerais oolithiques de l'Ain-Babouche. Bulletin suisse minéral. et pétrog. T. **III**, 1923.

[26]) F. Slavik, Gisements de manganèse en Bohème orientale. Congrès internat. des mines, Liège, 1931, p. 141.

centration a pu s'effectuer d'une manière continue jusqu'au bout, comme dans les gisements de sels accompagnés de sels de Stassfurt, qui couronnent le dépôt; elle est incomplète lorsque certaines conditions ont empêché la concentration finale. Il est évident que ces gisements, formés de matériaux solubles, ne peuvent être conservés que s'ils sont emprisonnés dans des formations étanches empêchant la pénétration de l'eau (soubassement et couverture argileuse).

IX. GITES D'ALTERATION

Nous comprenons sous ce nom tous les gisements qui résultent de l'altération d'un gîte appartenant aux catégories précédentes, ou de l'altération plus ou moins profonde d'une roche déterminée, le gisement étant formé dans ce cas par les éléments résiduels de cette roche.

Dans la première catégorie rentrent évidemment les formations désignées sous le nom de chapeau de fer, constituées de limonite provenant ordinairement de l'oxydation de minerais sulfurés. En de très nombreux endroits, ces chapeaux de fer ont été exploités (par exemple à Kichtym dans l'Oural) et ce n'est que beaucoup plus tard qu'on s'est rendu compte que ces gisements représentaient la tête de gîtes tout différents, restés intacts en profondeur.

On peut également comprendre dans cette catégorie certains gisements de cuivre d'Arizona, ceux de Miami et Inspiration par exemple, que nous avons visités en 1930. Ils résultent du remaniement par les eaux superficielles de pyrites cuivreuses disséminées dans les diverses formations de la région, schistes, quartzites et granites plus ou moins bréchoïdes. Par ce remaniement le cuivre s'est concentré dans le voisinage de l'ancienne nappe phréatique, sous forme de chalcosine, silicates ou carbonates, et d'énormes masses tabulaires de minerais se sont ainsi constituées. La teneur moyenne de ces minerais est généralement très faible, mais leurs masses sont telles, qu'une exploitation remarquablement organisée en fait des gisements de grand avenir [27]).

Dans la seconde catégorie, rentrent par exemple les latérites, qui sont les produits résiduels de la décomposition de roches sédimentaires ou éruptives, acides ou basiques, sous un climat tropical. A la formation de ces latérites, il faut évidemment adjoindre celle de nombreux gisements de bauxites, mais d'une manière générale

[27]) Ransome, Copper deposits of Ray and Miami. U. S. Geol. Survey, Prof. 115, 1919.

la genèse de ces gisements n'est pas encore bien éclaircie, et dans bien des cas on ne peut guère déterminer les formations alumineuses qui en ont fourni les éléments. Par exemple, le gisement de Gant, en Hongrie, où les bauxites paléocènes reposent sur du trias dolomitique, prête encore à discussion. On ne sait guère en effet, s'il représente le produit résiduel d'éléments alumineux contenus dans des calcaires sus-jacents aujourd'hui disparus, ou s'il provient du lessivage des granites voisins, mais, selon Taeger, la flore paléogène contenue dans les lignites de la Totis montre en tout cas qu'un climat tropical devait régner dans la région.

Par ailleurs, la latéritisation de certaines roches acides entraîne la concentration de métaux précieux contenus dans ces dernières, et donne lieu ainsi à une exploitation que les faibles teneurs de la roche mère n'auraient pas permise. Tel est le cas de certaines latérites aurifères, dont les teneurs généralement basses permettent cependant le traitement par des moyens appropriés [28]).

Tel est aussi le cas pour certaines latérites provenant de roches basiques, notamment de la dunite platinifère [29]). Celle-ci est en effet trop pauvre pour permettre un traitement par broyage et concentration, tandis que les latérites qui en proviennent sont aisément traitables au sluice, le platine ayant subi dans celle-ci une concentration appréciable. Ainsi à Youbdo, en Abyssinie, la transformation de la dunite en latérites s'est faite avec une réduction en volume de 50 % qui double évidemment la teneur initiale en platine de la dunite fraîche. Si l'on ajoute à cela que le traitement de ces latérites n'exige aucun broyage, on voit que la récupération du platine, malgré les faibles teneurs, peut être encore rémunératrice.

Enfin, c'est encore à la catégorie des gîtes d'altération qu'il faut rattacher certains amas de limonite, généralement pauvres, provenant de la décomposition superficielle de roches variées. Ces gisements se rencontrent fréquemment dans l'Oural du Sud, mais ils ne sont jamais bien importants.

Quant aux gîtes nickelifères de Nouvelle-Caledonie, nous les avons mentionnés à propos des filons per descensum, et, bien qu'on puisse également les classer ici, nous n'en reparlerons pas. Nous rappellerons simplement que les gîtes métallifères sont fré-

---

[28]) E. Bernet, Les exploitations aurifères de Madagascar. Le génie civil, t. **70**, 1917.

[29]) L. Duparc et E. Molly, Les gisements platinifères du Birbir (Abyssinie). Bulletin suisse de minér. et pétrog., t. **VII**, 1928.

quemment complexes et appartiennent souvent par leurs diverses parties à plusieurs des catégories précitées.

X. GITES D'ORIGINE DETRITIQUE

Nous désignons sous ce nom les gisements qui résultent de la désagrégation mécanique des formations les plus diverses sous l'influence des eaux en mouvement. Ces gîtes comprennent donc les alluvions les plus diverses, et le minerai qu'elles renferment provient toujours d'une concentration des éléments métalliques contenus initialement dans les roches désagrégées. Ces gîtes peuvent se diviser en deux groupes:

1. *Les alluvions durcies,* représentées par des grès ou des conglomérats, dont les éléments ont été diversement recimentés, notamment par le quartz. Il est évident que ces alluvions peuvent être de tout âge. Comme exemples, citons les conglomérats aurifères du Transvaal, certains conglomérats diamantifères du Brésil, des conglomérats relativement récents, contenant de l'or et du platine, dans certaines régions de l'Oural et de Sibérie.

2. *Les alluvions meubles,* constituées par des sables et des graviers dont les éléments sont de dimensions et de composition extrêmement variées. Nous les subdiviserons comme suit:

A. *Alluvions marines,* dues à l'érosion des côtes présentant souvent une concentration sur place des éléments lourds contenus dans les roches détruites (sables noirs de la côte du Pacifique renfermant du platine, de l'or, de l'ilménite, etc. Sables littoraux à monazite).

B. *Alluvions de rivières,* formées dans les cours d'eau actuels ou anciens. Celles-ci peuvent à leur tour se subdiviser en:

a) *Alluvions contemporaines,* occupant le lit actuel des cours d'eau.

b) *Alluvions anciennes,* ordinairement couvertes par la tourbe, l'argile et la végétation. Elles remplissent parfois la vallée occupée par le cours d'eau actuel, qui a creusé son lit dans ces formations, tandis qu'ailleurs elles peuvent être sans rapport avec les cours d'eaux actuels. Parfois elles sont recouvertes par des épanchements volcaniques ou par d'autres formations. Elles peuvent occuper un seul niveau, ou se trouver étagées en terrasses, représentant chacune une phase déterminée de l'activité du cours d'eau (alluvions aurifères de Californie).

c) *Les alluvions fluvio-glaciaires,* formées immédiatement en aval des grandes moraines terminales des glaciers, et présentant ordinairement un classement moins complet que les autres alluvions.

C. *Les éluvions,* qui sont en quelque sorte des alluvions en préparation, débutant par un morcellement primitif du terrain par les agents atmosphériques, et un premier classement très grossier du matériel par l'eau. Ces éluvions se trouvent ordinairement à flanc de coteau et aux sources de nombreuses rivières (gîtes de chromite de Nouvelle Calédonie).

Reçu le 7 janvier 1932.