

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 62 (1942-1945)
Heft: 260

Artikel: Pourquoi les Alpes suisses sont pauvres en gîtes métallifères exploitables
Autor: Oulianoff, N.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-273248>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 11.01.2025

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

Pourquoi les Alpes suisses sont pauvres en gîtes métallifères exploitables.

PAR

N. OULIANOFF

(Séance du 26 mai 1943)

1. La production des mines situées dans les Alpes suisses est insignifiante et la main-d'œuvre qu'elles emploient est très réduite. Pendant les périodes de paix, ces mines ne font pas parler d'elles. Les études consacrées à ces gisements sont rares, et, pour la plupart, de caractère purement théorique. Mais lorsqu'une guerre coupe les voies de communication et que les stocks de matières premières minérales commencent à diminuer catastrophiquement, il est compréhensible de voir une recrudescence d'activité autour de ces gîtes métallifères. Et, alors, involontairement revient à l'esprit la question : mais pourquoi donc nos Alpes sont-elles si parcimonieusement dotées de gîtes métallifères ?

2. En effet, pourquoi ? D'aucuns disent que le problème n'est que trop simple. Les gîtes métallifères représentent des accumulations localisées de matières premières minérales. Ces dernières ne sont pas uniformément distribuées sur la surface de la terre, et sous ce rapport, la Suisse est le moins bien partagée.

Cependant, une réponse ainsi conçue n'est pas de nature à satisfaire un observateur attentif. Sa curiosité ne manquera pas d'être éveillée par la confrontation des deux faits suivants :

1) les statistiques montrent que la production totale des minerais en Suisse est très faible ;

2) mais par contre le nombre des mines y est très grand.

C. Schmidt, de Bâle, l'avait déjà signalé dans son « Texte explicatif de la Carte des gisements de matières premières minérales de la Suisse » (1920) : « Ainsi que le montre clairement le développement historique de l'exploitation des minerais en Suisse, l'importance pratique de leurs gisements est secondaire. Le nombre des endroits où l'on trouve des minerais et celui des localités où existaient des mines est ce-

pendant très considérable et les types des gîtes métallifères sont extrêmement variés.»

Récemment encore, un conseiller d'Etat du Valais a exprimé cette même pensée sous une forme condensée : « Le Valais est riche en mines pauvres ».

3. La question que nous nous proposons d'examiner se présente sous un double aspect : l'abondance des points caractérisés par la présence de divers minerais et la pauvreté, en matière pratiquement exploitable, de chacun de ces gisements.

A ma connaissance, le problème ainsi posé n'a jamais été traité, jusqu'à présent, dans la littérature géologique alpine, en particulier dans la littérature suisse. Ainsi la solution que je propose ci-dessous ne reprend aucune thèse devenue classique. Du reste, mes arguments sont basés, en grande partie, sur les résultats de mes recherches personnelles dans le domaine de la tectonique des *anciens massifs cristallins* formant le soubassement de la chaîne alpine.

4. Rappelons tout d'abord quelques notions fondamentales pour rendre plus clair notre exposé.

En examinant sous le microscope les coupes minces des roches éruptives ou métamorphiques, le pétrographe constate presque toujours la présence de grains qui restent tout à fait opaques en lumière transmise. Si la description détaillée de ces grains n'est pas exigée, on les désigne, tout simplement, comme minerai. En effet, ce sont, pour la plupart, des oxydes ou des sulfures de fer ou d'autres métaux encore.

Mais au point de vue du mineur, du praticien, ces grains microscopiques ne représentent pas du minerai. Pour eux, la notion de minerai dépend des caractères géométriques : volume et proportion déterminée dans la masse rocheuse, que l'on abat pendant l'exploitation. L'hématite ou l'oligiste (Fe_2O_3) est, à l'état pur, un excellent minerai de fer. Souvent cet oxyde fait partie des couches de calcaires ou de marnes. Mais si sa proportion tombe en dessous de 25 %, les roches correspondantes ne seront plus considérées, au point de vue pratique, comme du minerai de fer, mais seulement comme des calcaires ferrugineux.

D'une façon générale, il est permis d'affirmer, que les éléments qui entrent dans la composition des gîtes métallifères, de même que les principaux minéraux des minerais, se trouvent à l'état de dispersion partout, et en particulier dans les roches cristallines (schistes cristallins et roches ignées).

Les chiffres calculés par les géochimistes Washington (1),

Clarke (2), Goldschmidt (3), Vernadsky (4), nous donnent une idée approximative de la proportion des divers métaux dans la faible épaisseur de la croûte terrestre accessible à nos investigations directes et à l'activité pratique des mineurs.

Neuf éléments forment à eux seuls 99,259 % de la composition globale de la croûte terrestre. Parmi ces éléments se trouvent, entre autres, les métaux suivants : l'aluminium (8,14 %), le fer (5,12 %), le magnésium (2,09 %).

Toutes les autres matières exploitables pour des buts pratiques ne sont représentées qu'en des proportions extrêmement faibles.

En voici quelques exemples :

le manganèse	0,096 %	le cuivre	0,002 %
le soufre	0,052 %	le zinc	0,001 %
le chrome	0,037 %	le plomb	0,001 %
le nickel	0,019 %	l'étain	0,0001 %

On admettait autrefois que la Terre, dans toute son épaisseur, était formée d'une matière chimiquement homogène. La densité considérable du noyau résulterait d'une forte pression. Pour une série de raisons, dont la principale est fournie par les investigations séismiques, on se représente, actuellement, la Terre comme formée de plusieurs couches concentriques, et chimiquement différentes.

Le noyau central serait composé essentiellement de métaux lourds. Ensuite viendraient les sulfures et les oxydes des métaux, les silicates ne formant que l'enveloppe extérieure de la Terre solide.

Tammann (5) et Goldschmidt (3) avaient comparé cette structure de la Terre avec la succession des zones que le métallurgiste constate dans les hauts fourneaux. La croûte terrestre serait, par analogie, la zone de scories, la zone où s'accumule le laitier, composé des silicates d'aluminium, de sodium, de potassium et d'autres métaux légers.

Les silicates sont capables, à l'état fondu, de retenir en solution une certaine proportion de sulfures et d'oxydes des métaux lourds, ainsi que des gaz. C'est ainsi que la « scorie » terrestre aurait amené à la surface de la terre une faible proportion des métaux lourds, dont les humains disposent pour leurs industries métallurgiques.

Cette même analogie de Tammann-Goldschmidt explique la dispersion des grains de minerais dans la masse rocheuse qui forme la croûte terrestre. L'exemple des coupes minces que j'ai donné plus haut peut nous servir pour le calcul suivant.

Il n'est pas rare que la proportion de minerais que l'on constate dans les roches éruptives soit de 1 %. Dans ce cas, un bloc rocheux de $100 \times 100 \text{ m}^2$ de surface et de 10 m d'épaisseur contient environ 1000 m^3 de minerais. En admettant que son poids spécifique moyen soit égal à 5, le poids total de ces minerais se chiffrerait donc par 5000 tonnes. Ce chiffre est impressionnant, mais il est évident que le tout venant qui possède une aussi faible proportion de minerai pur n'est pas exploitable pratiquement. Le minerai est trop dispersé.

5. Deux tendances manifestes caractérisent, entre autres, les phénomènes de la «vie» de la croûte terrestre :

1) la séparation des différentes espèces minérales, leur triage, leur accumulation sélective, ce qui aboutit à la formation des gîtes minéraux ;

2) la dispersion des minéraux de la même espèce, le brassage de la matière qui forme la croûte terrestre, ce qui détruit les gîtes minéraux.

Nous reviendrons dans la suite aux causes qui déterminent les changements des proportions des divers minéraux dans les corps géologiques. Mais avant cela je veux faire une courte digression dans le domaine de la terminologie.

6. La littérature de langue allemande, concernant l'exploitation minière, parle du «Bergbau», des «Bergleute», des «Bergingenieure», des «Bergräte». La littérature française correspondante utilise les termes de mines, mineurs, ingénieurs des mines. Il n'y a donc, dans cette seconde terminologie, aucune allusion aux montagnes. Si l'on met ces deux terminologies en rapport avec les conditions topographiques des diverses exploitations minières, on est tenté de reconnaître que la terminologie française est plus logique. N'existe-t-il pas de nombreuses exploitations minières situées dans des plaines ? Mais si nous tenons compte de l'histoire géologique de chacun des gîtes métallifères, la question se présentera sous un autre aspect.

7. En effet, la dispersion ou bien la concentration d'une espèce minérale donnée ne commence qu'avec la formation d'une chaîne de montagnes.

Cette dernière entraîne le changement des conditions physiques (température, pression). Les dénivellations réalisées par l'orogénèse sont aussi d'une importance capitale, car c'est grâce à elles que se produit l'accroissement de l'activité destructive des eaux courantes, accompagnée de la concentration sélective, sur les plaines qui s'étalent au pied des chaînes de montagnes.

Mais la concentration la plus importante pour la métallogénèse s'effectue pendant l'activité magmatique qui accompagne *parfois, mais pas toujours*, la naissance des chaînes de montagnes. L'activité magmatique n'est pas nécessairement une activité éruptive dans le sens étroit de ce terme.

Quand on parle de roches éruptives, on se représente tout naturellement un volcan en pleine activité. Pour la formation

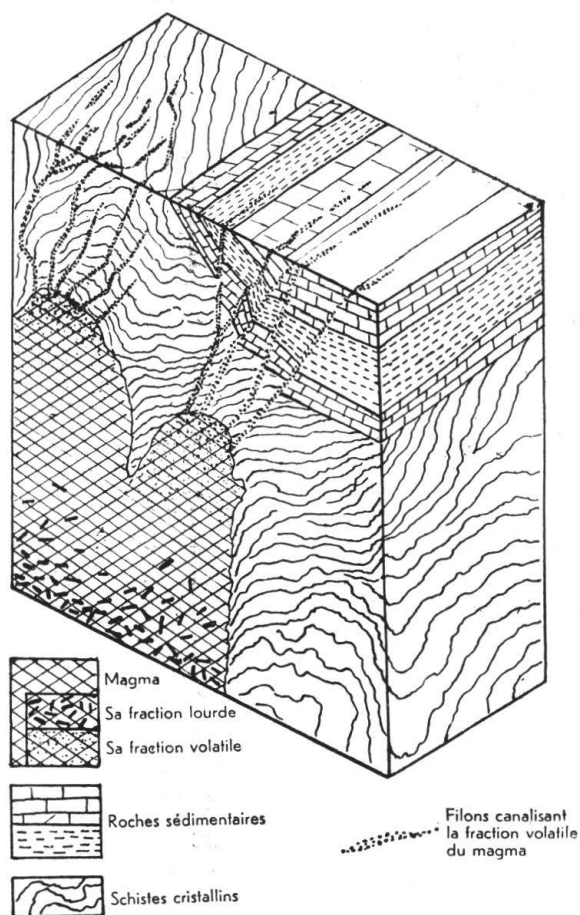


FIG. 1. — Foyer magmatique situé à une certaine profondeur dans la croûte terrestre. La différenciation magmatique détermine la formation des deux types de gîtes métallifères: 1) ségrégation dans le sein même des roches éruptives; 2) filons de la fraction volatile qui pénètre dans les roches encaissantes.

des gîtes métallifères, ce n'est pas cette partie spectaculaire qui importe, mais bien les phénomènes physico-chimiques qui se déroulent dans la profondeur du foyer magmatique. Ce foyer, au point de vue chimique, n'est autre chose qu'un bain de silicates. Un grand nombre de ces foyers magmatiques restent à l'état de volcans avortés, le magma n'ayant pas réussi à se frayer un chemin vers la surface de la terre.

Mais pendant que le magma se refroidit et qu'il est en voie de cristallisation, une différenciation se produit, qui s'exprime dans l'espace par le déplacement des diverses molécules suivant deux directions dont le sens est inverse (voir la fig. 1).

Les minéraux ferromagnésiens, de même que les diverses espèces de minerais se forment en premier lieu. Tous ces grains minéraux sont d'un poids spécifique élevé. Pour cette raison ils descendent lentement dans le magma liquide ou pâteux et leur accumulation détermine la naissance des roches basiques riches en minerais.

La proportion des minerais augmentant, le corps géologique ainsi formé peut passer dans la catégorie des gîtes métallifères. Tel est, par exemple, le célèbre gisement de nickel de Sudbury au Canada. Disons tout de suite que dans les Alpes suisses cette espèce de concentration de minerais est presque inconnue.

Une autre fraction qui se sépare du magma, pendant le refroidissement de celui-ci, est caractérisée par son faible poids spécifique, par sa grande fluidité, par l'abondance des gaz. Il est normal que le matériel de cette seconde fraction soit poussé vers les parties supérieures de l'espace rempli de magma. La voûte qui le recouvre n'est jamais d'une solidité absolue. Des cassures, des failles d'importance variable traversent, en grand nombre, cette voûte permettant ainsi un échappement total ou partiel de la fraction volatile, qui se sépare du magma au fur et à mesure du refroidissement et de la recristallisation de ce dernier. C'est ainsi que dans les roches solides qui encaissent le foyer magmatique se forment des filons de différentes espèces. Ce sont des filons de granites très acides, d'aprites, de pegmatites, de quartz, qui contiennent souvent des minéraux borés, fluorés, etc., tels que la tourmaline, le béryl et beaucoup d'autres encore. A ces minéraux s'ajoutent aussi les sulfures, les arséniures des métaux lourds, qui donnent, en se cristallisant, la galène, la blende, la pyrite, la chalcoppyrite, pour ne mentionner que les minéraux les plus répandus.

Si l'accumulation de ces espèces minérales est considérable, le filon ainsi métallisé passe, au point de vue pratique, à la catégorie des gîtes métallifères.

Les géologues qui, dans les Alpes, ont étudié la métallogénie, sont d'accord pour affirmer que l'origine de la plus grande partie des gîtes métallifères doit être attribuée à l'activité magmatique. Mais il ne faut pas perdre de vue, que les

filons ainsi formés subirent, plus tard, des remaniements plus ou moins importants. L'abondance des carbonates des métaux lourds, dans ces gîtes, le prouve suffisamment. Mais, d'autre part, les eaux météoriques, chauffées ou même froides, sont aussi capables de mettre en mouvement les sulfures de cuivre, de plomb et d'autres métaux.

Ajoutons encore, que, selon divers auteurs, les gîtes métallifères dans les Alpes suisses sont souvent situés dans les zones d'écrasement. Je n'ai pas besoin d'insister sur l'importance de cette observation.

8. La portion de la croûte terrestre occupée par les Alpes a été plissée pour le moins quatre fois (7, 8). Les mouvements orogéniques se sont succédé comme suit:

1) Le plissement le plus ancien, d'une époque que l'on n'a pu déterminer, et duquel résultent les conglomérats et les grès de la série cristallophyllienne (7).

2) Le second plissement ancien, qui s'est produit avant la sédimentation du Carbonifère supérieur, mais dont l'âge exact reste inconnu.

3) Le plissement hercynien, antétriasique.

4) Le plissement alpin (9).

C'est pendant le second plissement ancien que l'activité magmatique s'est manifestée avec le plus de force. De puissants massifs de roches éruptives ont produit, pendant leur mise en place, de larges zones de métamorphisme de contact. De plus, ils ont envoyé, dans les roches encaissantes, tout un réseau de filons de microgranite, de pegmatite, de quartz, de fluorine, de barytine. Ces filons avaient été, partiellement, métallisés. C'était le stade de la concentration, de la sélection, de l'accumulation des richesses minérales.

Si nos montagnes étaient restées, tectoniquement, dans ce stade, la Suisse aurait été, peut-être, un pays riche en gîtes métallifères. Mais cette chaîne de montagnes, formée avec l'important concours de l'activité magmatique, n'a marqué qu'un épisode dans l'histoire des mouvements orogéniques de cette partie de la croûte terrestre.

L'ancienne chaîne de montagnes dont nous parlions plus haut a été enlevée par l'érosion. Les racines seules servirent de soubassement aux nouvelles couches des formations sédimentaires. Ensuite, dans cette région, la croûte terrestre fut atteinte par un nouveau plissement, le plissement hercynien. Mais cette fois-ci l'activité magmatique fut à peu près nulle. La nouvelle chaîne étant détruite à son tour, des sédiments

s'accumulèrent pendant tout le Secondaire et une partie du Tertiaire, sur la pénéplaine ainsi formée. Il s'est préparé, de la sorte, une imposante épaisseur de matériel sédimentaire, qui, à l'orogénèse alpine, fut affectée pour la première fois — et la seule fois — par un plissement. Quant à son substratum cristallin (schistes cristallins et roches éruptives), il subissait, pendant l'érection de la chaîne alpine, sa troisième épreuve de morcellement et de déplacement des masses rocheuses. La recristallisation sous forme de schistes cristallins a rendu ces masses compactes et rigides, de sorte qu'elles ne pouvaient plus se replier en synclinaux et en anticlinaux. Le déplacement du matériel, dans ces masses rocheuses, ne s'effectuait que par l'intermédiaire des failles. Par contre, l'activité éruptive, pendant le plissement alpin, était peu notable.

9. Nous abordons ici, une question primordiale pour l'histoire des filons métallisés.

A chaque chaîne de montagnes appartient un réseau caractéristique de lignes directrices créé par les forces, actives pendant le mouvement orogénique correspondant. Ce sont les axes des plis, les directions des plans de chevauchement et des failles principales.

La chaîne alpine, jeune encore, puissante et impressionnante dans la complexité des déplacements de ses grandes masses rocheuses, fixa sur elle l'attention des observateurs. Et la tectonique alpine dominait les autres questions relatives à la structure de cette chaîne de montagnes, y compris son soubassement. Cela était naturel, car la géométrie des plis alpins se révèle le plus manifestement dans ces masses du « matériel alpin » (5).

Longtemps les formations antérieures au Trias figurèrent dans les descriptions géologiques sous la désignation globale de « soubassement des Alpes ». Les premières tentatives d'étudier la structure de ce soubassement furent inévitablement influencées par l'image de la puissante charpente de la chaîne alpine. On ne voyait dans les roches anciennes que des lignes directrices qui concordaient avec celles de l'édifice alpin.

10. Dans son étude géologique consacrée au massif de l'Arpille (6), l'auteur de ces lignes a proposé, déjà en 1923, une nouvelle conception. Pendant les années suivantes, il eut de nombreuses occasions de contrôler et de compléter ses premières investigations dans le domaine des tectoniques antéalpines du soubassement des Alpes actuelles.

Une analyse particulièrement détaillée, favorisée par les

conditions des affleurements, a été entreprise dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges (voir les nombreuses publications de N. Oulianoff et de P. Corbin et N. Oulianoff).

Contrairement à ce que l'on admettait jusqu'alors, les édifices des deux chaînes qui précéderent la chaîne alpine, ne

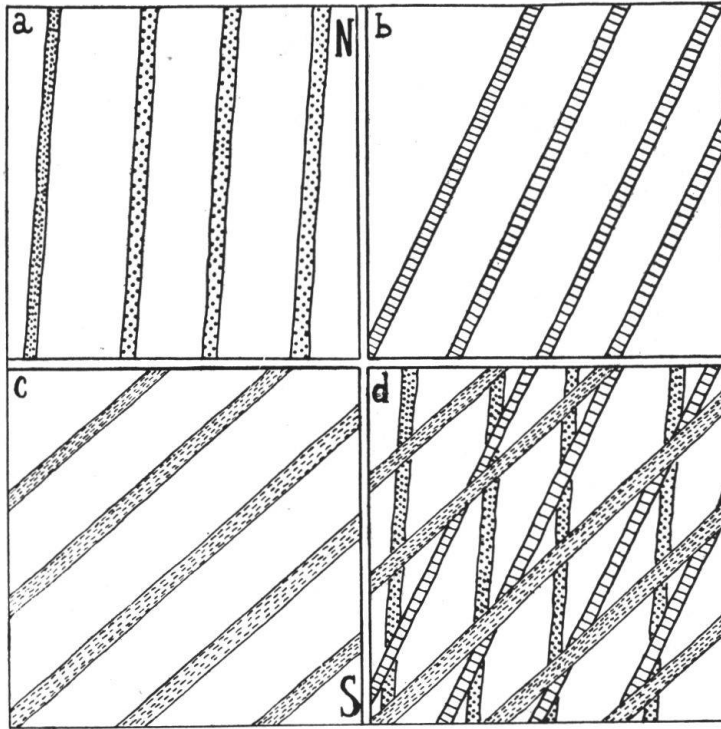


FIG. 2. — Croisement, dans les Alpes suisses, des lignes directrices (axes des plis, directions des plans de chevauchement et de certaines failles importantes) qui caractérisent les trois mouvements orogéniques successifs.

- a) Orientation des lignes directrices de l'orogénèse ancienne, antécarbonifère.
- b) Orientation des lignes directrices du plissement hercynien (antétriasique).
- c) Orientation des lignes directrices du plissement alpin, le plus jeune des trois.
- d) Croisement des lignes directrices *a*, *b* et *c* dans le substratum formé par les roches anciennes.

seraient pas parallèles à cette dernière. De même, les lignes directrices des deux orogénèses antétriasiques sont nettement divergentes entre elles.

La fig. 2 représente schématiquement la disposition, par rapport au méridien géographique, des lignes directrices prin-

cipales de chacun des trois mouvements orogéniques en question. On voit, dans le quatrième casier de cette figure, la superposition de ces trois tectoniques successives.

Mais ces intersections sont, en réalité, plus complexes encore. En effet, les masses déjà plissées ont subi, pendant les mouvements orogéniques postérieurs, des glissements latéraux. Par conséquent, les lignes directrices ne sont pas simplement coupées, mais leurs tronçons sont encore déplacés.

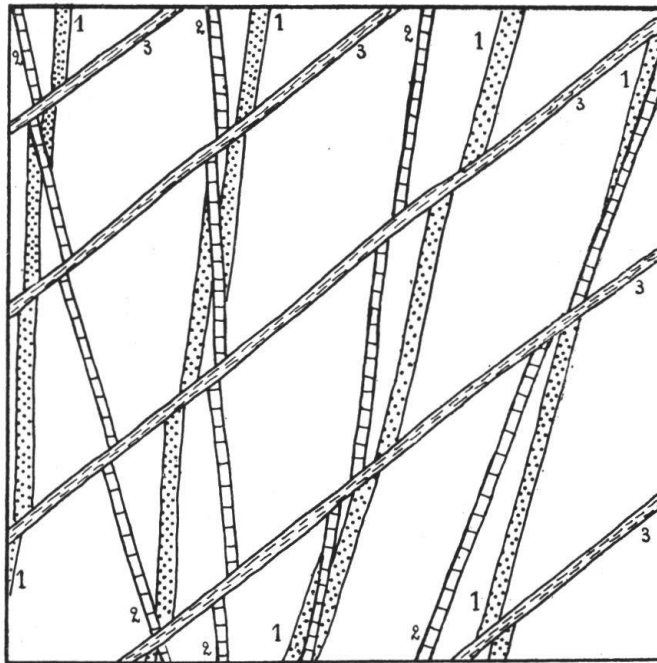


FIG. 3. — L'effet, que représente la fig. 2-d, compliqué encore par les déplacements latéraux des tronçons découpés. Les éléments de l'orogénèse ancienne sont désignés par 1-1. Ceux du plissement hercynien par 2-2. Les lignes directrices du plissement alpin par le chiffre 3.

On conçoit fort bien que pour les masses rocheuses qui ont déjà participé au plissement ancien, ce sectionnement se soit répété deux fois. La fig. 3 montre, d'une manière sommaire, l'effet produit sur l'édifice tectonique ancien par les orogénèses suivantes.

11. Quel a été l'effet de tous ces déplacements sur les filons métallisés ?

La fig. 4 présente une synthèse simplifiée des déformations par lesquelles ont passé ces filons. Dans le casier supérieur nous voyons un filon intact, formé pendant le plisse-

ment ancien. Le sectionnement ne commence que pendant l'orogénèse hercynienne (casier du milieu). Le nombre des tronçons augmente encore pendant le plissement alpin (casier inférieur).

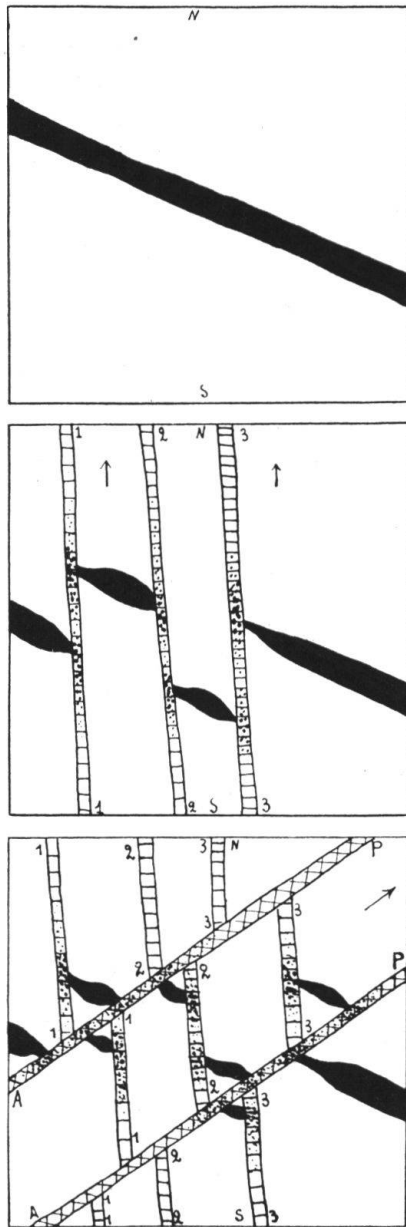


FIG. 4. — Sectionnement d'un ancien filon métallisé produit par les orogénèses hercynienne et alpine. Appauvrissement de chacun des tronçons, ainsi formés, par l'intervention des eaux qui circulent suivant les plans des failles.

En haut — un filon métallisé au sein des roches anciennes.

Au milieu — le sectionnement, avec déplacement, de ce filon par des failles hercyniennes 1-1, 2-2, 3-3.

En bas — l'augmentation de la dislocation du filon par l'effet des failles alpines (A-P sur le dessin). Pointillés représentent la dispersion du minerai par l'activité des eaux.

Ce sectionnement des filons métallisés explique suffisamment l'appauvrissement des gîtes du fait de la dispersion, dans l'espace, des tronçons détachés. Mais, en réalité, le phénomène du découpage des filons est encore plus compliqué. Nous n'avons envisagé, plus haut, qu'un réseau simple des lignes

directrices pour chacune des trois tectoniques. Cependant, dans la nature, on voit que la pression orogénique ne respecte pas la continuité des lignes directrices. Souvent, des failles les coupent à angle droit, ce qui augmente encore la complication des réseaux des déplacements réciproques (voir la fig. 5).

12. Jusqu'à présent, nous avons examiné l'effet mécanique seul des orogénèses superposées sur les filons métallisés.

Toutefois, dans les conditions des tectoniques dont les lignes directrices sont croisées, il faut encore prendre en con-

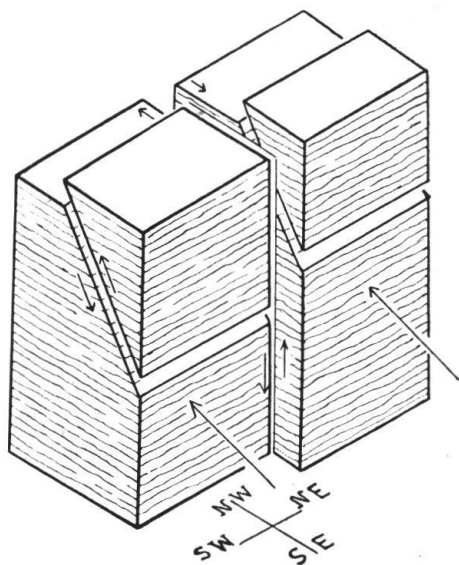


FIG. 5. — Formation des failles dont les plans sont perpendiculaires aux axes des plis ou aux directions des plans de chevauchement.

sidération un facteur qui contribue puissamment à la destruction des gîtes métallifères. J'entends par là les eaux souterraines qui circulent en suivant les plans des failles.

Rappelons que la pression dirigée, exercée sur une masse rocheuse, fait naître de nombreux joints qui ne sont pas des failles proprement dites, mais tout simplement des plans de séparation facile. Ces joints s'orientent, en moyenne, à 45° par rapport à la direction de la pression (voir la fig. 6).

Quand nous parlons de failles et de diaclases (joints), il ne faut pas croire qu'il s'agisse uniquement de phénomènes pour lesquels l'unité de mesure serait d'un mètre, voire même d'un kilomètre. L'analyse attentive des roches du substratum cristallin de la chaîne alpine montre que les réseaux des sur-

faces, sur lesquelles la cohésion est compromise, sont extrêmement denses. On constate leur existence jusque dans les coupes minces vues au microscope.

Et toutes ces failles et diaclases, grandes et petites, font partie du réseau hydrologique, dans lequel les eaux circulent avec des vitesses variables, mais pour la plupart très lentement. La pression et la chaleur aidant, ces eaux s'attaquent au minerai là où les failles aquifères coupent les filons métallisés. En solutions chimiques ou colloïdales, le minerai est véhiculé à diverses distances du filon avant de se déposer de

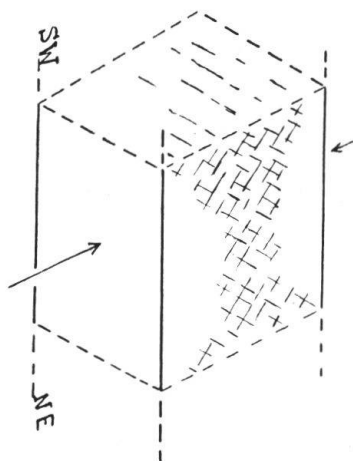


FIG. 6. — Réseau des diaclases orientées à 45° par rapport à la direction de la pression orogénique alpine.

nouveau sous forme de sulfures, de sulfates, d'oxydes ou de carbonates. La possibilité d'une nouvelle concentration ne se réalise que rarement, et cela par une coïncidence particulière des conditions physico-chimiques. Habituellement, les eaux qui agissent ainsi ne font que disperser le minerai (voir la fig. 4).

13. Si l'on tient compte du développement immense du réseau hydrologique, on se représente facilement l'intensité avec laquelle les eaux souterraines s'attaquent aux filons métallisés, et disséminent les minerais.

On peut même s'étonner que, malgré cette activité destructive, quelques tronçons de filons persistent encore, ça et là, comme témoins de la métallisation primitive. D'autre part, on saisit mieux l'étendue de cette dispersion, néfaste pour l'industrie humaine, si l'on songe aux nombreux points caractérisés, dans les régions des schistes cristallins, par les traces de métallisation. C. Schmidt (10), M. Fehlmann (11)

ainsi que E. Kündig et F. de Quervain (12) ont enregistré un grand nombre de mines, qui ne sont, en réalité, que des galeries d'essais, où le «grattage» de minerais n'a donné aucun résultat pratique. Il serait facile d'allonger encore cette liste, en indiquant les endroits innombrables où se retrouvent quelques faibles traces de métallisation. Ces traces ne sont, nulle part, des indicateurs de puissants gisements qu'on serait tenté d'exploiter. Ce ne sont que les *témoins de la destruction et de la dispersion* d'importants gîtes métallifères qui existaient anciennement, dès avant l'intervention des plissements hercynien et alpin.

Bibliographie.

1. WASHINGTON, H. — The chemistry of the earth's crust. *Journal of the Franklin Institute*, Washington, 1920.
 2. CLARKE and WASHINGTON. — The average chemical composition of igneous rocks. *Proc. Acad. Sc.*, Washington, 1922, pp.108-116.
 3. GOLDSCHMIDT, Y.-M. — *Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente*, Kristiania, 1923.
 4. VERNADSKY, W. — *La géochimie*, Paris, 1934.
 5. OULIANOFF, N. — Superposition des tectoniques successives. *Bull. de la Soc. vaud. des Sc. nat.* Lausanne, 1937, Vol. 59.
 6. Id. — Massif de l'Arpille et ses abords. *Matériaux pour la carte géol. suisse. Nouv. sér.* 54, II, 1923.
 7. Id. — Sur le plissement ancien dans le massif du Mont-Blanc. *C. R. du XIV^e Congrès géologique international (1926)*, Madrid, 1929.
 8. Id. — Massifs hercyniens du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. « *Guide géol. de la Suisse* », 1934, fasc. II.
 9. LUGEON, M. — Trois tempêtes orogéniques. Livre jubilaire de la Soc. géol. de France, 1930.
 10. SCHMIDT, C. — Texte explicatif de la Carte des gisements de matières premières minérales de la Suisse, 1920.
 11. FEHLMANN, H. — *Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges*, 1919.
 12. KÜNDIG, E. und DE QUERVAIN, F. — *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz*, 1941.
-