Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 2 (1949)

Artikel: Étude des courants électriques naturels liés au carbonifère de la région de Salins-Chandoline-Bramois près de Sion (Valais) : interprétation tectonique avec quelques considérations générales sur le phénomène de la polarisation spontanée

Autor: Vallet, Jean-Marc

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739720

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: 14.07.2025

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

ÉTUDE DES COURANTS ÉLECTRIQUES NATURELS LIÉS AU CARBONIFÈRE DE LA RÉGION DE SALINS-CHANDOLINE-BRAMOIS PRÈS DE SION (VALAIS)

Interprétation tectonique avec quelques considérations générales sur le phénomène de la polarisation spontanée

PAR

Jean-Marc VALLET

(Avec 8 fig. et 2 planches)

INTRODUCTION

Lorsqu'on parcourt les régions carbonifères au S de Sion, on voit de nombreux affleurements de grès et de schistes émergeant du Quaternaire, soit en groupes, soit isolés. Beaucoup d'entre eux sont soumis au phénomène du fauchage. Les rares fragments de fossiles n'ont jamais permis d'effectuer des subdivisions stratigraphiques de ces sédiments mesurant plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Aussi a-t-il été jusqu'à maintenant très difficile d'émettre des hypothèses tectoniques satisfaisantes quant à l'allure de leurs plissements.

C'est en 1943 que M. le professeur Ed. Poldini [1] signala pour la première fois en Suisse, que les charbons, anthracites et, en général, les couches charbonneuses des complexes alpins, débitaient spontanément du courant électrique permettant de les localiser. Ses premières recherches furent effectuées tant à Dorénaz qu'à Chandoline et Bramois. Il lui parut intéressant de réaliser ce que l'étude des courants électriques naturels, exécutée sur de grandes surfaces, pouvait apporter comme aide à l'interprétation tectonique. Sa suggestion fut à l'origine de notre travail.

La surface que nous avons couverte au S de Sion, va de Bramois à Arvilard et s'étend sur une longueur de 6 kilomètres environ. Ce travail a été terminé grâce au dévouement et à l'aide que m'ont apportés mes camarades de laboratoire, au cours de plusieurs campagnes de mesures, effectuées souvent dans des conditions difficiles. Je citerai MM. Calame, Lanterno, Pictet, Chereau, Carozzi et Arnolds qui n'ont pas hésité à me sacrifier un peu de leur temps, me permettant ainsi d'accomplir cette étude. Je leur en suis très reconnaissant.

Mais je voudrais surtout remercier tout particulièrement M. le professeur Ed. Poldini pour ses précieux conseils et pour avoir su éveiller en moi un grand intérêt pour la Géophysique.

Ma reconnaissance va aussi à tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin lors de l'élaboration de ce travail.

SITUATION GÉOLOGIQUE ET GÉOGRAPHIQUE

La partie du Carbonifère, dont nous avons étudié la tectonique en fonction des courants électriques naturels, appartient au front de la nappe des Mischabel (Saint-Bernard) et par sa position géographique à une zone dite Carbonifère interne, alors que la zone carbonifère formant synclinal dans le massif des Aiguilles Rouges et du Gastern, plus au N, est appelée Carbonifère externe. Un coup d'œil sur la carte géologique [12], nous montre le Carbonifère interne situé au S de Sion, limité au S par le Trias « bordier » et le Permien, alors qu'au N, il disparaît sous les alluvions de la plaine du Rhône.

Les géologues le subdivisent en deux parties [2]:

a) le Carbonifère de la zone Chandoline-Bramois-Nendaz;
b) le Carbonifère de la zone Aproz-Isérables.

Ces deux zones, dont seule la première est représentée sur notre carte géologique, sont séparées plus à l'W par le Trias « médian ». Ces formations sont d'âge westphalien. La zone qui nous intéresse est donc celle de Salins-Chandoline-Bramois. Elle est constituée par une alternance de grès durs, parfois conglomératiques, de schistes argileux, ardoisiers, micacés et

« graphiteux » contenant eux-mêmes des masses d'anthracite d'aspect généralement lenticulaire. De ces formations, ce sont les schistes « graphiteux » et l'anthracite qui produisent les courants électriques spontanés.

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LA POLARISATION SPONTANÉE

Cause des courants.

Avant d'essayer d'expliquer le cas particulier dû au charbon, il nous semble utile de rappeler en quelques mots les conditions indispensables à la formation de courants électriques spontanés, provenant non seulement de matières charbonneuses, mais aussi de minerais tels que les sulfures, en un mot, de tous minerais oxydables formant une masse métalliquement conductrice. L'observation de tels phénomènes fait partie de l'étude de la « polarisation spontanée » (P. S.) [3, 4, 5]. Ainsi un filon métallique, oxydable et conducteur situé de part et d'autre du niveau hydrostatique (N. H.) (Fig. 1), se trouve dans deux milieux chimiquement différents. La partie supérieure du gisement, placée au-dessus du niveau hydrostatique, est attaquée par des eaux riches en oxygène qui transforment les minerais sulfurés en un chapeau d'oxydes. La partie inférieure du gisement, placée sous le niveau hydrostatique, est dans un milieu moins aéré, voire réducteur. L'abondance d'ions oxygène autour de la tête du filon forme un nuage de charges négatives. Du fait de cette dissymétrie, il s'établit une force électromotrice donnant naissance à un courant électrique descendant dans le filon vers le bas, pour remonter ensuite de part et d'autre dans la roche encaissante, fermant ainsi un circuit à deux sortes de conductibilités:

a) dans le minerai: conductibilité métallique (électronique);
b) dans la roche encaissante: conductibilité électrolytique (ionique).

Ainsi, on peut comparer des gisements situés dans les conditions décrites ci-dessus à des sortes de piles naturelles, débitant du courant en faible quantité, il est vrai, mais mesurables. La chute ohmique de ce courant va produire des équipotentielles qu'il sera possible de suivre sur le sol.

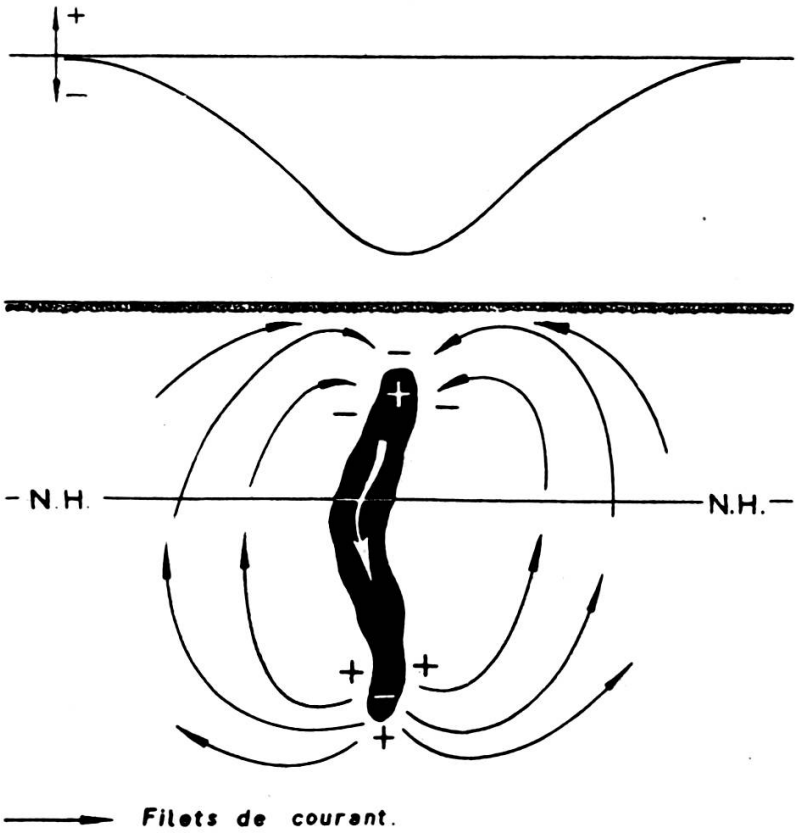


Fig. 1.

Coupe transversale d'une masse métalliquement conductrice soumise à l'action de la polarisation spontanée.

Matériel et mesures.

Pour effectuer des mesures de potentiel en surface, on utilise un matériel réduit comprenant:

Deux électrodes impolarisables, dont une est fixée au tripode soutenant le potentiomètre, l'autre mobile, reliée au potentiomètre par un câble métallique isolé. Les électrodes impolarisables type Conrad Schlumberger sont construites de telle sorte que les phénomènes électriques parasites de contact

entre les électrodes et le sol soient réduits à quelques millivolts. Elles consistent en un tube de cuivre rouge évidé, fixé à un vase poreux, le tout rempli d'une solution saturée de cristaux de sulfate de cuivre et sont isolées des contacts extérieurs par un revêtement de caoutchouc.

Le potentiomètre doit être capable de mesurer le millivolt.

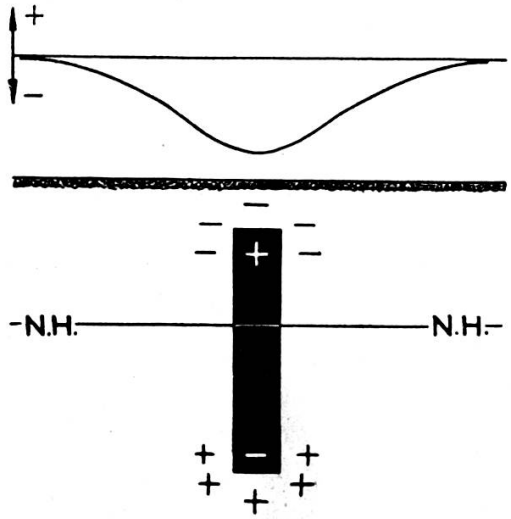


Fig. 2.

Cas d'un filon (ou d'une masse allongée) placé perpendiculairement à la surface du sol donnant une courbe symétrique de potentiel négatif.

Le matériel dont nous nous sommes servi pour nos mesures a été obligeamment prêté à M. le professeur Ed. Poldini par la Compagnie générale de Géophysique de Paris.

Allure des phénomènes observés.

On admet qu'un point situé en dehors de toute action due à un gisement constitue le potentiel considéré comme le « zéro » de l'étude (potentiel régional) par rapport aux valeurs qu'on obtiendra lorsqu'on arrivera sur le gisement. Au fur et à mesure qu'on s'approche de l'emplacement minéralisé s'oxydant, on constate une baisse progressive du potentiel par rapport au « zéro » qu'on vient de chaîner. Puis en s'éloignant du gisement le potentiel remonte, pour atteindre de nouveau le « zéro »

(potentiel régional). On obtient un centre négatif dont le minimum se trouve à l'aplomb du filon; si celui-ci est plus ou moins perpendiculaire à la surface topographique, la courbe est alors symétrique (Fig. 2). Par contre, si le filon s'incline par rapport à la surface du sol, l'effet des charges positives autour de sa base commence à se faire sentir. La courbe est dissymétrique, avec apparition d'une cloche positive (toujours par rapport au « zéro ») placée plus ou moins à l'aplomb

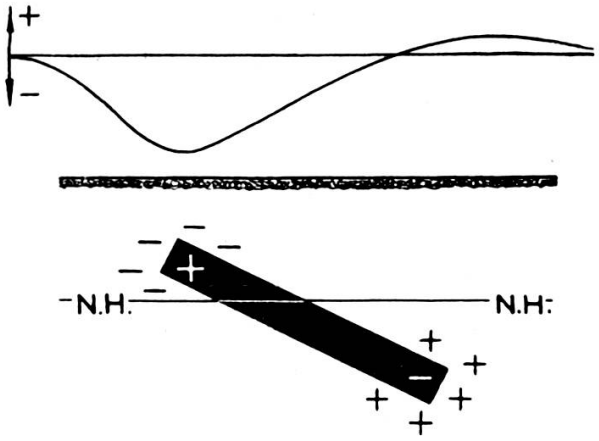


Fig. 3.

Cas d'un filon (ou d'une masse allongée) incliné par rapport à la surface du sol donnant une courbe de potentiel dont la partie négative est à l'aplomb de la tête, alors que la partie positive est plus ou moins placée sur le point le plus profond.

d'un point plus profond; la pente de la courbe des potentiels reliant le centre négatif au centre positif montre un pendage qui est en direction inverse de celui du gisement (fig. 3).

En recoupant ainsi le gisement par une série de profils, dans différentes directions, tissant ainsi un réseau dense de mesures de potentiel, il est possible de tracer des courbes équipotentielles dont la forme donnera en quelque sorte l'allure des couches, ou de la masse métallique à proximité du « jour » et ceci, à condition que la surface du sol soit plus ou moins un plan et soit aussi dépourvue que possible de couverture quaternaire. Nous reviendrons plus loin sur ces deux conditions.

De plus, on peut suivre les équipotentielles en surface. L'opérateur place son potentiomètre sur un point choisi d'un profil qu'il vient d'exécuter; il recherche alors par tâtonnement avec l'électrode mobile que tient l'aide, un point de même potentiel. On recommence ainsi de suite en faisant des stations espacées selon les besoins de l'étude. De cette façon on peut relier les différents profils avec plus de facilité tranchant ainsi des cas douteux dans l'établissement des équipotentielles.

Comme nous l'avons dit, les gisements donnant de la P. S. doivent venir au-dessus du niveau hydrostatique. Mais on peut encore envisager le cas d'un filon situé en partie sur une colline et qui continue en direction, en passant cette fois sous une plaine alluviale. On observera de la P. S. sur la colline jusqu'à la plaine alluviale, c'est-à-dire, dans la zone où le niveau hydrostatique traverse le gisement; tandis que, sur la plaine, la P. S. cesse brusquement, le filon étant totalement submergé par les eaux souterraines. C'est ce qu'on peut observer dans la région que nous avons étudiée.

Un centre positif peut apparaître avant qu'on obtienne le potentiel « zéro ».

Parfois le chapeau de minerais oxydés, dérivant des minerais primaires, se développe de telle sorte qu'il peut atteindre le niveau hydrostatique. Tout se passe comme si le filon était noyé. La P. S. doit alors cesser. Dans les Alpes, de tels chapeaux sont continuellement érodés, si bien que le minerai est pour ainsi dire toujours frais, ce qui donne des phénomènes de P. S. intenses.

Cas des couches charbonneuses a filons d'anthracite

Ce qui vient d'être dit en général peut s'appliquer au cas des couches charbonneuses à filons d'anthracite. La figure 4 montre dans quelles conditions géologiques se présentent les niveaux intéressants. Comme les effets tectoniques ont certainement perturbé la stratification originelle, toutes les roches peuvent entrer en contact les unes avec les autres. Mais, en général, les schistes charbonneux et l'anthracite restent groupés,

les cas de migration du charbon mis à part [6, 7]. De ces deux éléments, les schistes charbonneux sont les plus abondants et constituent un milieu métalliquement conducteur. Ainsi un banc de ces schistes situé de part et d'autre du niveau hydro-

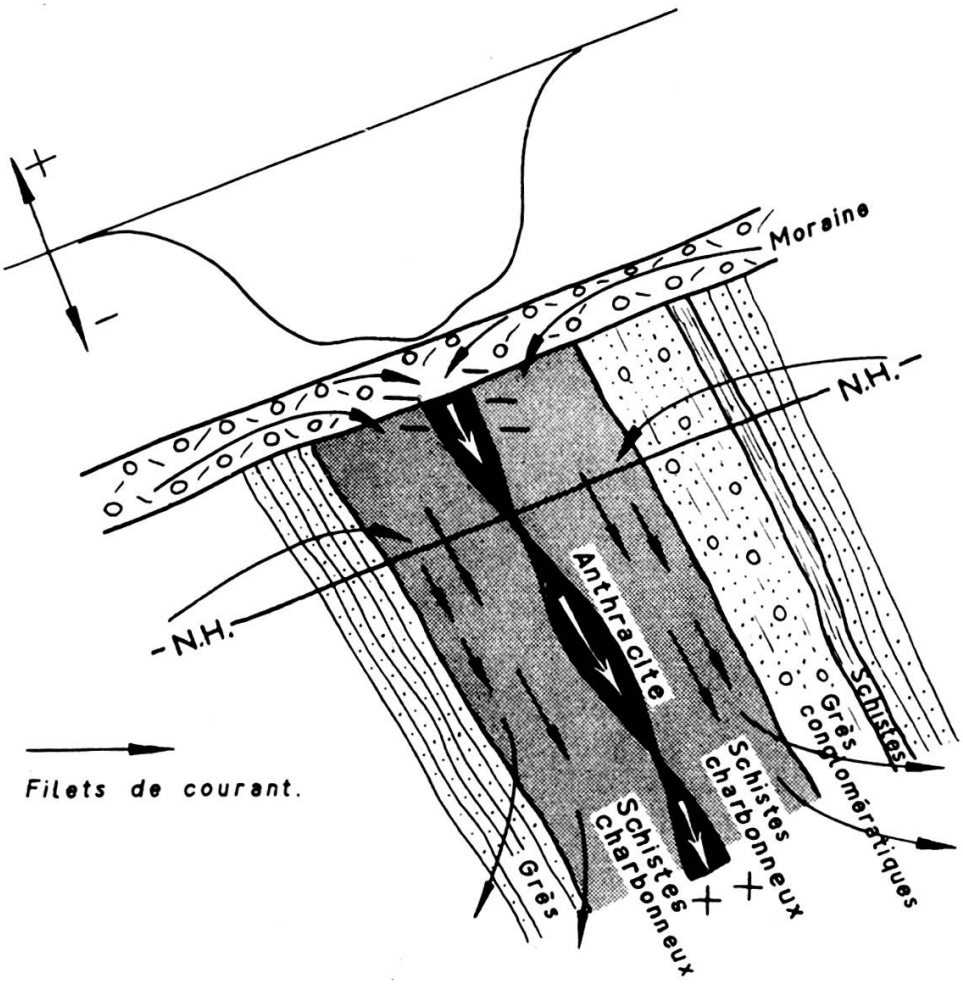


Fig. 4.

Coupe théorique et schématique montrant un complexe de schistes charbonneux conducteurs à filons d'anthracite placé entre deux complexes stériles résistants. Le courant aura tendance à se localiser dans la partie conductrice.

statique, et dont la tête s'oxyde et subit une érosion continuelle, va débiter du courant électrique. Il faut que le banc soit conducteur et présente un ensemble de granules de matière charbonneuse en contact électrique les uns avec les autres, dans toute sa masse. La quantité de ces granules dans la roche semble

jouer un rôle important quant à sa conductibilité. Mais jusqu'à quel point la roche sera-t-elle susceptible de produire de la P. S. ?

Schistes « graphiteux » vus sous le microscope.

Examinons donc deux spécimens extrêmes de schistes « graphiteux » sous le microscope.

1. Un schiste très riche en matière charbonneuse est sensiblement opaque sous le microscope; seuls, les rares éléments détritiques tels que le quartz et le mica blanc (séricite) sont transparents. Cette roche constitue un bon conducteur, la matière charbonneuse formant une masse continue. De tels échantillons ont été prélevés dans une des galeries de la mine de Bramois située du côté de la Borgne. A l'œil nu, la roche présente des surfaces de glissement brillantes et gauchies. Ils donnent de fortes réactions P. S.

2. Un schiste pauvre en matière charbonneuse, prélevé au même endroit que les échantillons précédents, montre sous le microscope un aspect détritique avec une structure écailleuse et grenue (fig. 5). Les paillettes de mica blanc (séricite) sont toutes orientées suivant l'allure des plissotis; les éléments blancs, représentés par le quartz en petits grains, sont groupés et forment des amas lenticulaires séparés par de la séricite. En ce qui concerne la matière charbonneuse, elle forme, soit des traînées continues traversant la coupe en compagnie de paillettes de mica blanc suivant les plissotis, soit des traînées interrompues, soit encore, vus sous le gros grossissement, des granules isolés dans la partie grenue. Ainsi la roche qui présente à l'œil nu une texture schisteuse avec plans de clivage micacés, peut-être encore considérée comme un conducteur, le courant pouvant suivre les traînées charbonneuses qui forment un réseau très serré de filets métalliquement conducteurs.

Il est aisé d'imaginer une roche encore plus pauvre en matière charbonneuse pouvant devenir un conducteur, lorsque les granules et les traînées de cette matière, isolés normalement dans la roche intacte, viennent à se toucher sous l'effet de l'écrasement.

Cause des courants dans le cas des schistes « graphiteux ».

Sous quelle forme doit se présenter la matière charbonneuse pour donner des courants électriques naturels lorsqu'elle s'oxyde en surface ?

Il a été reconnu, dans la région de Sion, que le graphite accompagnait [2], en quantités variables, les autres matières

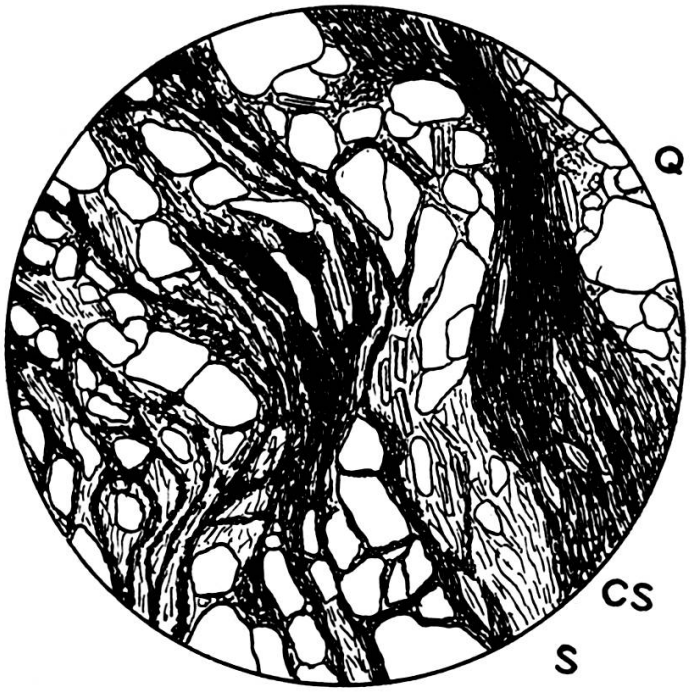


Fig. 5.

Schiste charbonneux (grossissement 150 ×).

Q: grains de quartz en amas lenticulaires.
S: paillettes de séricite sans matière charbonneuse.
CS: matière charbonneuse accompagnée de séricite formant un réseau de filets métalliquement conducteurs.

charbonneuses. Mais le graphique constitué uniquement par du carbone, est considéré par les minéralogistes comme un élément stable, inaltérable, avec une structure intime caractéristique (hexagonale), Il ne semble pas que ce soit lui qui soit responsable des phénomènes P. S.

D'aucuns pensent [8] que c'est la pyrite disséminée dans les schistes « graphiteux » qui, en s'oxydant, émet de petits

courants pouvant se rassembler, car la roche qui la contient est rendue conductrice par la présence de graphite. Elle serait ainsi seule responsable du phénomène P. S. puisque le graphite, lui, ne peut pas s'oxyder. Mais nous ne pensons pas que l'oxydation de cristaux de pyrite isolés, disséminés dans une masse conductrice graphiteuse, puisse donner naissance à des courants électriques canalisés par le milieu conducteur qui les enveloppe. En effet, chaque grain de pyrite doit dans ce cas donner naissance à un courant se fermant sur lui-même dont l'action à distance ne peut se faire sentir.

Par ailleurs, dans la région de Sion, les schistes « graphiteux » contiennent bien un peu de pyrite, parfois localisée, comme dans la mine d'Apro, située à l'W de notre carte, mais en général en quantité si disséminée et si minime qu'elle paraît incapable de provoquer, à elle seule, des courants aussi intenses que ceux mesurés lors de notre étude.

En plus de la pyrite, et à part le graphite considéré comme élément stable, il doit donc y avoir un autre minéral générateur de courants lors de son oxydation. Ce doit être une autre forme du carbone, comme nous allons le voir.

Si l'on passe sur les haldes d'une des mines de charbon pour chaîner des mesures avec des électrodes impolarisables, endroits où la poussière charbonneuse est abondante, et si par exemple on continue le profil sur un terrain morainique propre, on s'aperçoit qu'il n'est alors plus possible de mesurer les potentiels des diverses réactions; le profil ainsi obtenu montre des sauts de potentiel très brusques et de signes variables, sans suite, donnant une courbe en dents de scie, ce qui est anormal. Il a suffi en effet d'une infime pellicule de matière charbonneuse, certainement dépourvue de pyrite, récoltée sur les haldes, pour « empoisonner » les électrodes. En court-circuitant le dispositif de mesure, c'est-à-dire en mettant les deux électrodes l'une contre l'autre, et ceci sur un terrain dépourvu de matière charbonneuse, comme la moraine argileuse, on peut constater une force électromotrice atteignant parfois plusieurs dizaines de millivolts. Une fois débarrassées de cette pellicule charbonneuse, les électrodes redeviennent utilisables, la différence de potentiel parasite disparaissant,

et les mesures peuvent à nouveau être exécutées. L'oxydation à l'air de cette pellicule, constituée par de très fines particules de charbon, est vraisemblablement responsable de cette perturbation. Il semble bien, jusqu'à nouvel avis, que c'est le *carbone* soit à l'état élémentaire, mais amorphe, soit à l'état de combinaison avec d'autres éléments (O, H, N comme dans les combustibles) qui est le principal générateur des courants électriques naturels, en s'oxydant en surface, alors que la pyrite disséminée dans les schistes « graphiteux » ne paraît pas jouer un rôle important. De plus on sait que les affleurements de charbon sont plus étroits au voisinage de la surface car ils « brûlent » lentement. Cette combustion équivaut en quelque sorte à une oxydation.

Il va de soi que d'autres phénomènes secondaires peuvent encore provoquer des courants électriques naturels dont les effets s'additionnent à ceux produits par le carbone des schistes, considéré, dans le cas qui nous intéresse, comme principal générateur de courant lorsqu'il s'oxyde.

En conséquence, il est préférable d'employer le terme « schistes charbonneux » pour désigner des roches noires, plus ou moins salissantes au toucher, au lieu du terme « schistes graphiteux », par trop restrictif.

Allure des phénomènes observés sur un complexe carbonifère.

Ainsi un élément stratigraphique constitué par une couche de schistes charbonneux, englobant un banc d'anthracite, provoquera en surface des réactions de potentiel négatives qui sont fonction de sa conductibilité due à la quantité et à la disposition des granules de carbone. Mais les grès et les schistes stériles encaissants avec seulement quelques granules de carbone, ne se touchant pas, constituent par contre des roches électriquement plus résistantes, dont la seule conductibilité est due à des phénomènes ioniques. Ils ne provoquent par là même aucune P. S. Ils marqueront des potentiels positifs par rapport à la dépression de potentiel négative située à l'aplomb des schistes charbonneux. En général, dans une alternance de bancs de grès et de schistes charbonneux, chaque couche char-

bonneuse se marquera par une dépression négative; mais l'ensemble de ces réactions provoquera une dépression négative généralisée, dans laquelle le potentiel positif des bancs de grès stériles n'apparaît que de façon relative.

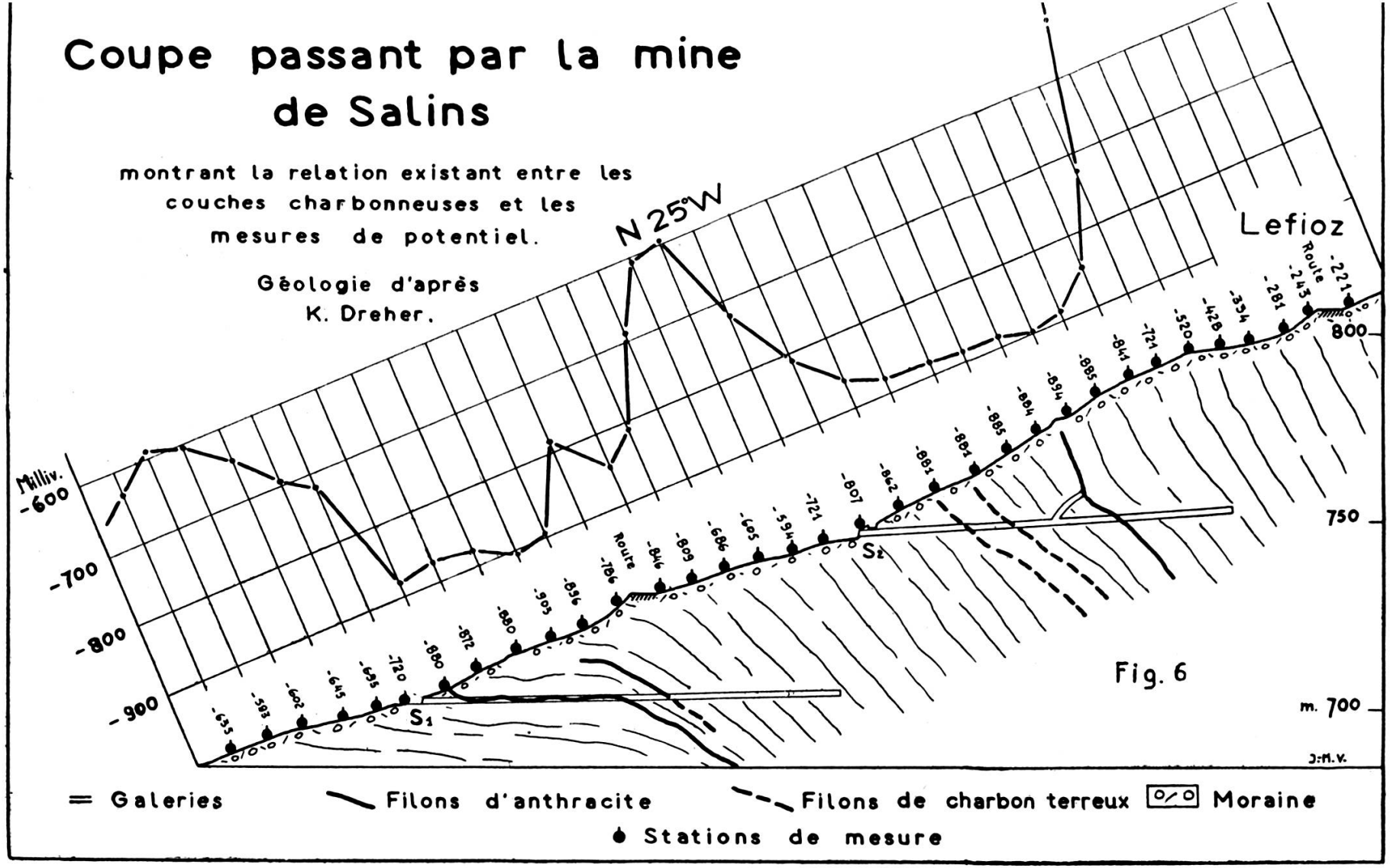
Les variations de potentiel sur des couches stériles représentent la chute ohmique du courant. Cette dernière sera d'autant plus forte, toutes choses égales d'ailleurs, que la différence de résistivité des roches sera plus grande. C'est pourquoi nous trouvons généralement des forts gradients sur des grès résistants en contact avec des schistes charbonneux conducteurs (fig. 4). La présence d'un filon d'anthracite déprimera encore un peu plus le minimum de potentiel négatif.

Prenons maintenant un exemple concret et reportons les mesures effectuées à l'aplomb de la mine de Salins (S_1, S_2) sur un profil géologique relevé par K. Dreher [9, p. 87] durant la guerre de 1914-1918 (fig. 6). Nous constatons, lorsqu'on part de Lefioz en direction du bas:

1. Une zone à faible potentiel négatif correspondant à des grès ou à des schistes stériles;
2. Une zone à potentiel fortement négatif correspondant à des schistes charbonneux avec trois filons d'anthracite qui eux se marquent par des points les plus bas du potentiel.

Notons que de la zone 1 à la zone 2, la chute de potentiel est très brusque. Nous avons ici un contact net entre des roches stériles résistantes et des roches renfermant du carbone, conductrices;

3. Une zone étroite à potentiel faiblement négatif marquant l'emplacement d'une bande stérile (grès et schistes ardoisiers, etc.);
4. Une nouvelle dépression fortement négative et une petite anomalie négative correspondant à des schistes charbonneux contenant deux filons d'anthracite qui se placent exactement sous les points de potentiel négatif les plus bas;
5. Une remontée du potentiel signalant la présence d'une nouvelle bande de grès et de schistes stériles.


Coupe passant par la mine de Salins
montrant la relation existant entre les couches charbonneuses et les mesures de potentiel.
Géologie d'après K. Dreher.
N 25°W
Lefioz
Milliv.
-600
-700
-800
-900
800
750
m. 700
S1
S2
Route
Fig. 6
= Galeries
Filons d'anthracite
Filons de charbon terreux
Moraine
Stations de mesure

Cet exemple, pris dans des conditions topographiques favorables, montre qu'il est en quelque sorte possible de faire une stratigraphie basée sur des réactions négatives, localisant des régions charbonneuses, situées entre des zones relativement positives caractérisant les roches stériles. Ce profil, fait à travers la mine de Salins, confirme bien ce que nous disions, à savoir qu'on suit avec la P. S. un élément stratigraphique.

Remarquons en passant la symétrie presque parfaite de la première réaction négative (S_2) qui est due au fait que les couches sont plus ou moins perpendiculaires à la surface du sol, ce qui correspond à la théorie exposée dans un paragraphe précédent (fig. 2).

Comme les schistes charbonneux sont plus ou moins plastiques, on constate très souvent un plissement dysharmonique entre les grès et les schistes. Pris entre deux masses plus rigides, il est normal que les schistes charbonneux subissent toutes sortes d'actions mécaniques qui les déformeront. Ce ne sont pas les déformations de ces schistes qui nous intéressent, mais l'allure de leur masse en général.

Comment va-t-elle se comporter par rapport à la schistosité ? Va-t-il y avoir discordance entre la stratification et la schistosité générale ? Nous en reparlerons plus loin lors de l'étude de la carte géologique et de celle des potentiels.

Etablissement de la carte de polarisation spontanée.

L'étude, que nous avons entreprise sur le Carbonifère de la région de Sion, a nécessité un très grand nombre de stations de mesure, plus de deux mille. Parti d'un point situé dans les environs de Parfin, nous avons chaîné une série de profils plus ou moins perpendiculaires à la stratification, mais en ayant soin de faire des cheminements circulaires, afin de contrôler l'exactitude de nos mesures. Les diverses réactions observées sur ces profils ont été ensuite reliées entre elles par des courbes équipotentielles tracées sur le terrain lorsque la topographie et la végétation le permettaient, ou par des mesures intermédiaires. Par cette méthode, le tracé des autres

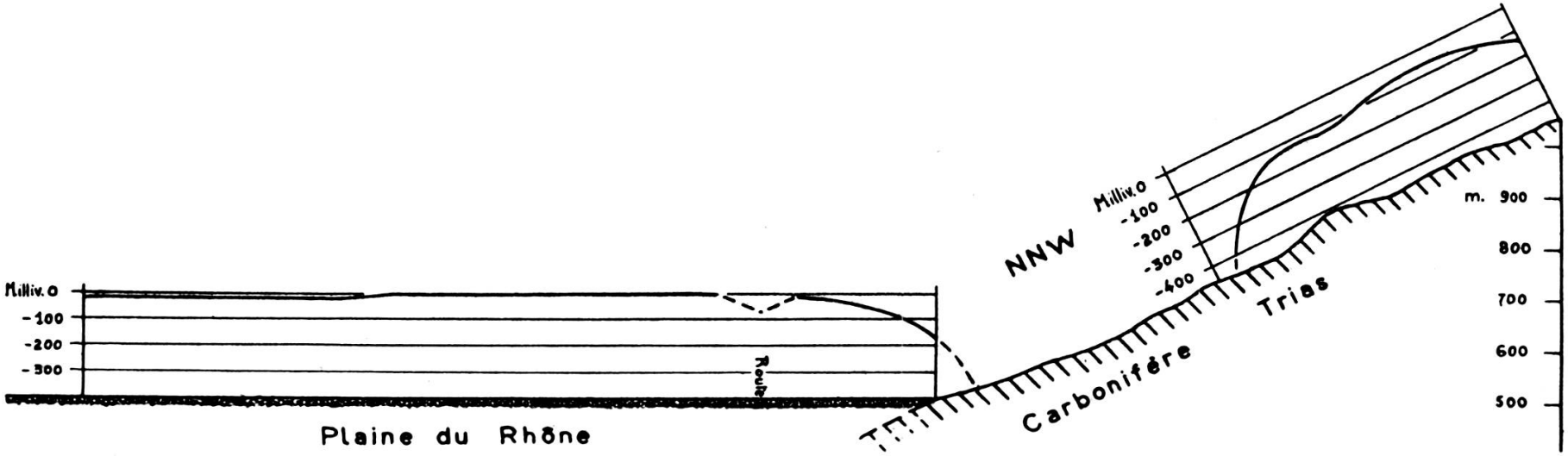


Fig. 7.

Profil général passant par Champsec (Ch) et à l'E de Maurifer, montrant la variation du potentiel régional entre la plaine du Rhône et la montagne. Une dépression de potentiel négatif signale la zone occupée par une partie du Carbonifère, l'autre partie étant recouverte par les alluvions de la plaine.

équipotentielles tous les 100 millivolts sur la carte a été rendu plus facile, les mesures étant assez nombreuses.

Etablissement du « zéro » de la carte des potentiels.

Une fois l'étude terminée, nous avons cherché à atteindre un potentiel considéré comme « zéro», par rapport auquel nous coterons nos courbes. Pour cela, nous nous sommes éloignés du Carbonifère en faisant un profil partant de Champsec (Ch.) en direction de la confluence Rhône-Borgne, soit sur une longueur de 1680 m. Nous avons obtenu un potentiel stationnaire à partir de 500 m du point de départ, et ceci, jusqu'à 1100 m; puis la courbe est redescendue de 20 millivolts environ, avant d'arriver au Rhône (fig. 7). C'est le potentiel constant, obtenu juste avant la retombée de la courbe, qui a été choisi comme potentiel « zéro » de notre étude.

Nous avons ensuite essayé d'atteindre un autre potentiel « zéro » en montant en direction des Aguettes. Le potentiel a atteint au maximum — 60 millivolts (par rapport au « zéro » à la plaine du Rhône) puis est progressivement redescendu pour atteindre, au point 1058 m, soit 550 mètres au-dessus de la plaine, — 140 millivolts. Il y a donc une nette différence entre les deux « zéros ». Ceci est dû au fait que, généralement, les sommets sont à un potentiel négatif par rapport à leur base. On rend les phénomènes d'électrocapillarité responsables de cette chute de potentiel. Le point le plus bas a été mesuré à Bramois où les phénomènes P. S. sont très intenses, soit — 1061 millivolts.

Qualité des mesures.

Jusqu'à quel point pouvons-nous garantir nos mesures ? Durant notre étude, les électrodes ont été souvent vérifiées ainsi que la pile du potentiomètre. Aussi croyons-nous pouvoir garantir l'exactitude des mesures purement physiques à ± 2 millivolts près. Mais il y a encore les phénomènes électrocapillaires parasites de surface qui, par temps sec et chaud [3], ont introduit des erreurs. Nous avons cherché à les éliminer en ne tenant compte que des cheminements circulaires de

mesures dont les fermetures sur 1 à 2 km ne présentaient que des différences de ± 20 millivolts. C'est pourquoi nous pensons pouvoir garantir nos mesures avec cette approximation près.

Analyse de la carte des phénomènes P. S.

Centres de potentiel positif et centres de potentiel négatif.

Lorsque l'étude de la région de Maurifer, Parfin, Salins, Misérier fut terminée [10], la carte des potentiels, au lieu de nous montrer une série de réactions négatives continues, comme à Dorénaz [1], fit ressortir une série de réactions allongées de potentiel relativement positif, pouvant aller parfois jusqu'au « zéro », comme à Maurifer, et alternant avec des réactions fortement négatives. Ces réactions semblaient suivre un certain alignement. Ainsi se plaçaient sur un même axe (voir la carte), la réaction positive située à l'ouest de Misérier, la réaction négative passant sous le village de Pravidonda, la réaction négative située au N de Salins et se continuant en direction de Parfin, séparée de la réaction précédente par un couloir de potentiel moins négatif. Elle est ensuite relayée plus à l'E par une forte réaction positive dans la région de Maurifer. Ainsi les équipotentielles dessinent des réactions tantôt négatives, tantôt relativement positives, de forme allongée, orientées sensiblement N 55° — 65° E. On observe le même phénomène juste au sud, entre une réaction partant de Misérier et allant au-dessus de Pravidonda.

Au point de vue géologique, on remarque que le centre de potentiel relativement positif se situe pour Misérier, dans une zone de moraine abondante et sans affleurements; pour Maurifer, sur l'emplacement d'un éboulement de Trias, bordé en sa partie inférieure par une épaisse moraine. Quant au couloir, séparant la réaction qui passe au N de Pravidonda et celle passant au N de Salins, il se situe dans une région sans affleurements, avec de la moraine, des brèches de pente et des marécages. Comment expliquer de tels phénomènes qui nous semblent quelque peu aberrants ? [10].

Si l'on considère un filon ou une couche charbonneuse non plus en profil transversal mais longitudinal (fig. 8), il se peut que, par suite de phénomènes naturels quelconques, soit stratigraphiques, soit tectoniques, le filon soit interrompu et remplace par de la roche stérile (fig. 8 *a*), formant ainsi une série dé lentilles de roches charbonneuses à filons d'anthracite. Les courants naturels, émis par le carbone, vont se disposer en circuits plus ou moins elliptiques, descendant à l'extrémité de la lentille pour remonter dans la partie stérile; les charges positives se faisant sentir, nous aurons une remontée du potentiel. Normalement, si les lentilles étaient situées à une distance respectable l'une de l'autre, on devrait avoir une cloche positive. Ici, nous envisageons le cas de lentilles rapprochées dont les réactions négatives étouffent plus ou moins l'effet produit par la roche stérile. C'est le cas d'une partie des réactions situées entre Bramois et Champsec, ainsi qu'à Chandoline.

Prenons maintenant le cas d'un filon ou d'une couche charbonneuse érodée (fig. 8 *b*) et comblée par de la moraine ou des éboulis, de telle sorte que le niveau hydrostatique soit situé au-dessus d'une partie du filon érodé. Ici, de nouveau, nous avons l'apparition d'une cloche de potentiel relativement positif, dans le cas où la partie érodée est étroite. Les charges positives situées latéralement se font sentir. Ainsi, nous avons encore des circuits de courant plus ou moins elliptiques, descendant dans le filon, mais remontant cette fois-ci par la moraine comblant la partie érodée.

Ce cas est illustré par un exemple situé à l'E de Pravidonda. Le couloir de potentiel moins négatif, séparant la réaction du N de Pravidonda de celle passant au N de Salins, est certainement dû à l'érosion des roches charbonneuses. Alors que les équipotentielles limitant l'extrémité d'une lentille charbonneuse sont généralement plus ou moins aiguë, nous remarquons ici un brusque changement de direction de l'équipotentielle — 750 surtout pour la limite W de la réaction passant au N de Salins. L'équipotentielle — 750 limitant le haut et le bas de cette réaction, est orientée sensiblement N 60° — 70° E, et forme deux angles droits près du couloir, l'un dans la partie

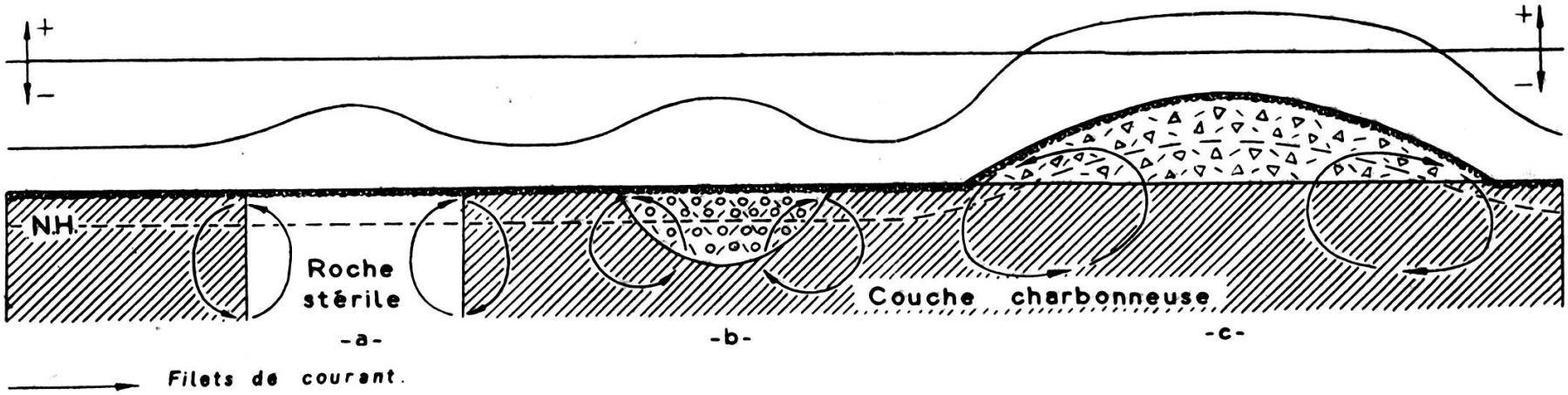


Fig. 8.

Profil en long d'une couche charbonneuse montrant:

a) une allure lenticulaire;
b) une partie érodée remplacée par du Quaternaire ou du Récent;
c) une partie recouverte par du Quaternaire ou du Récent (moraine, éboulis).

Dans les trois cas on observe une remontée du potentiel.

supérieure, l'autre dans la partie inférieure, pour prendre une direction N 30° W le long du couloir. Il semble y avoir ici une dépression, remplie par de la moraine ou des éboulis et s'arrêtant à Turin. Ce serait une sorte de vallée ancienne. La présence de brèche de pente semble confirmer cette hypothèse, bien qu'il n'y ait aujourd'hui qu'un mince filet d'eau intermittent coulant sur l'emplacement de cette dépression comblée.

On peut encore avoir le cas du filon, non érodé, mais recouvert par une couche plus ou moins épaisse de Quaternaire ou de matériel récent (fig. 8 *c*). Dans ce cas, le niveau hydrostatique qui a tendance à suivre assez fidèlement la surface topographique, remonte et noie les couches charbonneuses situées sous des masses superficielles. Les charges positives vont se faire sentir; nous aurons encore des circuits de courants naturels, d'allure plus ou moins elliptiques, se dirigeant vers la couverture quaternaire ou récente, et se fermant en descendant par le filon, créant ainsi un centre positif d'autant plus intense que la couverture est étendue et épaisse. C'est le cas de la réaction positive de Maurifer, située sur un éboulement de Trias, et des réactions relativement positives aux environs de Misérier, où la moraine est abondante.

Dans les trois possibilités que nous venons de décrire, les charges positives jouent un rôle important, dès que le filon présente en direction des irrégularités le faisant passer parfois sous le niveau hydrostatique. Dans chaque cas, tout se passe comme si nous avions affaire à un filon incliné placé dans les conditions que nous avons décrites plus haut. Ce qu'on peut observer en profil, on peut l'observer aussi latéralement.

En résumé, des réactions négatives et relativement positives (pouvant aller parfois au-dessus du « zéro »), s'alignant sur un même axe, peuvent être considérées comme formant un tout, provoqué par un seul et même niveau charbonneux, niveau qui peut être soit lenticulaire, soit érodé, soit encore recouvert par de la moraine ou du matériel récent. Ceci nous permet d'utiliser des centres relativement positifs et de ne plus les considérer comme un obstacle ou une anomalie.

Déformations des équipotentielles, leur pendage, leur choix.

Normalement, dans une région où le Quaternaire est en faible quantité et où la surface du sol est un plan plus ou moins régulier, les courbes équipotentielles doivent être calmes, épousant assez fidèlement la forme des couches minéralisées ou charbonneuses près du « jour ». Dans la région de Sion, la pente qui descend vers la plaine du Rhône est passablement entaillée par de nombreux ruisseaux dont une partie a été détournée pour l'irrigation. Les bancs de Trias et de grès durs du Carbonifère provoquent de fortes irrégularités topographiques.

Si nous regardons la répartition des potentiels non pas en surface, où nous obtenons des lignes de même potentiel, mais en volume, il est évident que les surfaces équipotentielles créées par les courants spontanés vont être plus ou moins inclinées suivant la pente des couches charbonneuses, et par conséquent se comporter comme des couches ordinaires. Leur intersection avec la surface topographique va donc dépendre de leur pendage. Ainsi, une équipotentielle plongeant vers l'aval d'une vallée à profil plus ou moins aigu, aura une intersection en forme de « V », dont la pointe est dirigée vers l'aval. Si au contraire elle plonge vers l'amont, la pointe du « V » est aussi dirigée vers l'amont. Ces deux cas ont pu être observés lorsque nous avons « filé » l'équipotentielle — 750 par des points très rapprochés les uns des autres, à l'W du profil passant par Lefioz, autour de la réaction négative située à l'aplomb de la galerie inférieure de la mine de Salins (S_1). Cette courbe forme des rentrants à l'emplacement de petits couloirs, montrant ainsi qu'elle plonge vers le SE pour la partie inférieure de la réaction, et vers le NW pour la partie supérieure. On peut observer la même chose, en plus grand, sur la rive gauche de la Borgne où les équipotentielles à l'E de la réaction négative de Bramois se dirigent vers l'amont de la vallée, montrant ainsi le plongement vers le SE de tout complexe carbonifère. Il va de soi que plus les surfaces équipotentielles auront un pendage se rapprochant de l'inclinaison de la surface topographique,

plus elles seront dentelées, épousant toutes les irrégularités topographiques.

Le choix de l'équipotentielle qu'on désire tracer en surface, joue un rôle important quant à sa forme. Il faudrait choisir une équipotentielle dont le pendage est plus ou moins vertical, si l'on veut qu'elle soit parfaite. Mais ceci nécessiterait des mesures serrées et des essais, en traçant au hasard quelques fragments d'équipotentielles de valeurs différentes. Ce travail ne serait pas rentable. Il sera quand même préférable de choisir l'équipotentielle dans les régions où le gradient du potentiel est le plus fort; l'erreur due à la mesure du point équipotentiel n'influencera pas la position de ce point. Il en sera de même pour les irrégularités topographiques de moindre importance. Par contre, si l'on choisit une région où le gradient est faible ou nul pour tracer une équipotentielle, il est évident qu'une légère erreur dans la mesure du point équipotentiel peut déplacer ce dernier de plusieurs mètres de sa position réelle.

Autres déformations des courbes équipotentielles en surface.

Les éboulis, les glissements de terrain et les cônes de déjection et d'éboulis peuvent repousser les courbes équipotentielles négatives en direction de la dépression du même signe. Ainsi les éboulis du Trias « bordier », depuis Bramois jusqu'à l'éboulement de Maurifer, étouffent plus ou moins les réactions négatives, déformant les équipotentielles sans pour cela créer de véritables centres positifs. On voit sur la carte géologique que l'allure de leur limite coïncide en partie avec la forme des équipotentielles.

Le glissement de terrain situé à l'W de Lefioz coupe et étouffe l'extrémité W de la réaction passant par le village de Pravidonda. Il en est de même pour celui partant de l'E de Salins, dont l'effet se fait sentir sur le bord S de la réaction passant au N de Salins, entre Parfin et la vallée comblée.

Le cône de déjection situé à l'W de l'Usine électrique de la Dixence (E. O. S.) se marque lui aussi sur la carte P. S. par un rentrant des équipotentielles en direction du sillon négatif

séparant la plaine du Rhône de la réaction positive de l'éboulement de Maurifer.

Il faut faire encore attention aux affleurements de Trias « bordier » qui se marquent très bien au-dessus de Bramois et de Maurifer par une zone dépourvue de P. S. On peut ainsi en suivre la limite.

Mais la déformation la plus grave est celle provoquée par la plaine du Rhône qui limite notre étude au N. C'est dans cette plaine que les phénomènes de P. S. disparaissent complètement, conséquence de la montée du niveau hydrostatique au-dessus des couches charbonneuses. Les équipotentielles vont suivre exactement le bord de la plaine alluviale coupant en biais les réactions négatives de la région de Chandoline, de Champsec (Ch), de Maragnena et une partie de celle de Bramois. Elles leur donnent une forme qui ne serait pas celle qu'on obtiendrait si les alluvions n'avaient pas comblé la vallée du Rhône, provoquant ainsi une remontée du niveau hydrostatique. Les équipotentielles bordant la plaine, simulent donc un axe de dépression négative qu'on serait tenté de suivre de Bramois jusqu'à Chandoline en passant au N de Maragnena et de Champsec.

Seule une étude géologique attentive de surface permet de lever certains doutes quant à l'interprétation de la carte P. S.

Connaissant les différents problèmes qui peuvent se poser lors de l'établissement d'une telle carte, et les ayant plus ou moins aisément résolus, il est possible d'en tirer des conclusions tant au point de vue stratigraphique que tectonique.

DEUXIÈME PARTIE

INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE

Nous avons rapporté sur la carte géologique que nous avons relevée les lignes reliant les points de potentiel les plus bas des réactions négatives, aux points de potentiel les plus hauts des réactions relativement positives. Nous avons ainsi obtenu

une série d'axes représentant certainement des couches où le carbone est disposé de telle manière que le phénomène P. S. peut avoir lieu. Ces lignes localisent et donnent l'allure des bancs charbonneux avec éventuellement de l'anthracite.

Schistosité et stratification.

L'étude de terrains anciens, déjà plissés, et repris plus tard par des mouvements orogéniques plus jeunes les déformant à nouveau présente toujours de grandes difficultés, surtout lorsqu'on cherche à reconnaître leur stratification par rapport à la schistosité due à l'effort qu'ils viennent de subir. Il y a parfois encore coïncidence entre la stratification qui leur est propre et la schistosité récente; d'autres fois la schistosité coupe avec des angles variables la stratification des anciens complexes. Tel est le problème qui se pose pour le Carbonifère de la Nappe des Mischabel, repris lors des plissements alpins.

Dans un travail basé sur des observations générales faites dans le Carbonifère interne, N. Oulianoff [11] pense avoir mis en évidence dans la région de Bramois-Chandoline, une différence très nette entre l'orientation de la schistosité alpine (parallèle à la « zone carbonifère » en général, N 50° — 60° E environ), et la stratification originelle du Carbonifère, orientée N 25° à 30° E, stratification qui aurait été oblitérée par la schistosité alpine.

Si l'on regarde sur notre carte géologique la région s'étendant de Chandoline à Arvilard, où les affleurements sont nombreux, et ne semblent pas être fauchés, et où le Quaternaire est relativement peu abondant, nous constatons que la direction de la schistosité oscille entre N 20° E près d'Arvilard pour passer insensiblement à N 45° — 50° E près de Chandoline. De plus les dépressions négatives de potentiel qui représentent, nous le répétons, un élément stratigraphique, ont la même direction, la même variation de direction lorsqu'on va d'Arvillard à Chandoline. C'est plus qu'une coïncidence, c'est une réalité. Certes, comme nous l'avons déjà fait remarquer dans un chapitre précédent, les schistes charbonneux étant plus plastiques,

se plissent en dysharmonie avec les roches plus rigides. Il n'en reste pas moins qu'un ensemble de bancs charbonneux, même plissotés et même peut-être fauchés, forme ici des horizons parallèles à la schistosité des grès, et par là même à la schistosité générale.

A Parfin, où la réaction, venant de Pravidonda, oblique encore plus à l'E (N 70° E) et où les petites réactions situées entre Parfin et la route cantonale, ont une orientation N 50° E, la coïncidence est très nette, même dans le détail.

Enfin, à Bramois et à l'W de La Crêta, la direction des schistes gréseux (à Bramois) et des grès (à La Crêta) est sensiblement la même que l'axe des dépressions négatives.

Entre Bramois et Maurifer, au N des Zapoudes, bien que la direction de la schistosité coïncide aussi, nous n'en tiendrons pas compte, le fauchage des couches étant assez intense.

En résumé, dans la région que nous avons étudiée, il semble bien que la schistosité générale et la stratification du Carbonifère soient en concordance, le contraire étant une exception. Si tel n'était pas le cas, la stratification des bancs charbonneux qui aurait eu, par exemple, une direction NS dans toute la région, aurait donné des réactions négatives de potentiel d'allure allongée, dont le grand axe aurait été dirigé parallèlement à cette direction et aurait ainsi fait un angle avec la schistosité.

Répartition des réactions P. S. et allure des couches charbonneuses.

L'établissement de la carte tectonique est basée sur l'étude des réactions négatives et positives, leur alignement et l'orientation de leur grand axe. Cette façon de faire n'a pas été aussi facile qu'on pourrait le penser, surtout dans la région située entre Maragnena et les Zapoudes où les réactions ne sont pas intenses et surtout forment des taches faiblement déprimées sans axes déterminés.

Nous allons nous efforcer de décrire la région par secteur, ceci de l'E vers l'W.

Région de Bramois-La Crêta.

C'est une zone où la P. S. est très intense. La dépression située au S de la route cantonale Sion-Bramois, peut être subdivisée en trois parties, orientées sensiblement N 60° E. Leurs axes sont arrêtés plus à l'W, soit par une cause stratigraphique, soit par les éboulis ou la moraine qui recouvre le replat glaciaire de Maragnena. A l'E, près de la Borgne, on les voit s'incurvant vers le S, indiquant le plongement des couches du Carbonifère vers le SE. Il est à noter que la région de Bramois a été une des mines les plus importantes du Valais donnant du charbon d'une assez bonne qualité.

Région de Maragnena.

Elle comprend deux réactions sensiblement parallèles représentées par une suite de réactions de faible importance.

Nous serions tentés de faire continuer la réaction la plus septentrionale de la grande dépression de Bramois en direction de l'W. En réalité, comme nous l'avons dit plus haut, c'est la plaine alluviale du Rhône qui provoque la direction de cette dépression. Si l'on regarde attentivement la carte P. S., on observe une ramification partant de l'extrémité W de la dépression de Bramois. Elle passe juste au-dessus de la galerie la plus orientale de Maragnena (M 1), prenant une direction NS pour se redresser ensuite et prendre une orientation de N 45°-50° E. Elle continue plus à l'W à s'infléchir pour rejoindre les Zapoudes où elle prend une direction N 50°-60° E, par l'intermédiaire de quelques réactions négatives de faible intensité. Elle traverse ensuite la conduite forcée et paraît s'arrêter avant le Trias.

Voyons comment ces résultats correspondent avec les faits observés en galeries et en surface. Si l'on pénètre dans la galerie M 1, on constate sur quelques mètres un brusque changement dans la direction des couches. Près de l'entrée, elles ont une direction N 30° E et un plongement de 60° SE. Elles prennent ensuite au fond de la galerie une direction N 60° W et un plongement de 25° vers le NE. (Ces plongements sont

indiqués sur la carte géologique par des traits interrompus). Ces directions correspondent bien avec la première inflexion de l'axe P. S. Dans cette suite de réactions, nous avons affaire à une flexure qu'on peut suivre en surface par la P. S. La couche charbonneuse donnant une telle réaction vient de la plaine du Rhône, où elle est certainement placée tectoniquement en dessous des formations de la zone de Bramois. Elle s'infléchit en passant au fond de la galerie M 1, où elle plonge vers le NE. Puis, par un changement progressif de direction, elle reprend plus à l'W l'orientation générale lorsqu'elle arrive dans la région des Zapoudes. Ici elle semble ne plonger que faiblement vers le SE.

Passons maintenant à la réaction située plus à l'W de celle qui vient d'être décrite. Elle lui est plus ou moins parallèle.

Il semble que l'on puisse relier entre elles la réaction partant de l'entrée de M 1 en passant par M 1′, avec celle partant de la galerie principale de Maragnena (M 2). Cette réaction P. S. peut être considérée comme venant de la plaine du Rhône; elle a une direction N 60° E. Puis brusquement elle prend une orientation NS et s'infléchit à nouveau pour être plus ou moins parallèle à la réaction passant par M 1 et les Zapoudes.

Pénétrons maintenant dans la galerie de Maragnena (M 2). Nous voyons que les couches ont une direction oscillant entre N 60° W et N 25° W avec un plongement de 20° en moyenne vers le NE. Si l'on cherche à se représenter ce que donne l'intersection d'une telle surface avec la surface topographique représentée ici par un plan incliné vers la plaine du Rhône, on obtient une trace qui correspond à l'axe de la dépression P. S.

La couche charbonneuse qui donne une telle réaction, vient de la plaine du Rhône où elle est placée tectoniquement en dessous de la couche précédente dont nous venons d'étudier plus haut les vicissitudes. Elle a une direction N 60° E, avec un faible plongement vers le SE. Puis, dans la galerie de Maragnena (M 2), elle prend une direction NNW avec un plongement vers le NE, monte ensuite en gardant cette direction, pour changer d'orientation (N 50°-60° E) avec un léger plongement vers le SE au sud de Maragnena. Cette couche charbonneuse forme une sorte de flexure.

Les galeries qui ont été creusées, en vue de rechercher des niveaux d'anthracite, se sont révélées plus ou moins stériles.

Région de Champsec (Ch).

Elle comprend deux petites réactions correspondant à des bancs charbonneux qui viennent de la plaine du Rhône. La plus à l'E s'infléchit fortement pour passer sous la route cantonale Sion-Vex. L'allure de cet axe négatif a été confirmée par des observations faites dans les galeries. Les couches sont d'abord planes au niveau de la plaine du Rhône. Mais dans la galerie, passant sous la route, elles deviennent subverticales. A nouveau ici nous avons une flexure passant presque à une faille. Cette couche charbonneuse semble se relayer peut-être par l'intermédiaire d'une petite réaction négative située à l'E de Maurifer, à la réaction passant par le village de Pravidonda.

Dans la même région on trouve encore plus à l'W une petite réaction assez semblable à la précédente. On peut suivre en surface l'allure des couches. Elles sont d'abord sensiblement horizontales, puis à l'entrée de la galerie se redressent brusquement en une sorte de pli-faille, en forme de « S ». Les couches redeviennent ensuite plus ou moins horizontales. Cette petite réaction doit se poursuivre encore plus à l'W, pour rejoindre la réaction s'allongeant au N de Pravidonda, en passant par la réaction située au N de Salins et celle positive de Maurifer.

La région de Champsec n'a donné que très peu de charbon.

Région de Maurifer-Pravidonda-Misérier.

C'est une couche charbonneuse très continue, qui commence comme nous venons de le dire par la réaction la plus occidentale de Champsec; puis elle passe par l'éboulement de Maurifer, où nous avons une réaction positive, et se poursuit par une dépression négative s'amorçant au S de Parfin. A l'W de ce point, elle se développe fortement en passant au N de Salins pour se continuer ensuite sous le village de Pravidonda en étant séparée de la réaction négative précédente par une vallée enterrée. Continuons encore plus à l'W; nous la voyons passer

par la galerie inférieure de la mine de Salins (S 1) où elle forme un doublet. Avant d'atteindre la réaction relativement positive située à l'W de Misérier, elle se marque par une petite dépression négative de peu d'importance. Cet axe, partant de Champsec, a une direction oscillant entre N 70° E et N 50° E.

Parallèlement à cette couche charbonneuse, contenant quelques filons d'anthracite, et plus au S, nous avons encore une réaction négative due à une autre couche charbonneuse passant par le village de Pravidonda et la galerie supérieure de la mine de Salins (S 2) où elle forme aussi un doublet. Elle se continue en direction de l'W en devenant moins négative, amorçant un centre relativement positif juste au NE de Misérier. Une fois cette zone de moraine traversée, la couche charbonneuse marque par une réaction de nouveau négative. Nous pensons que cet axe peut se continuer plus à l'E pour rejoindre la réaction orientale de Champsec (Ch). La direction de cette couche charbonneuse dans la région de Pravidonda-Misérier est sensiblement parallèle à la direction de la couche qui lui est inférieure et qui a été décrite plus haut.

Toute cette zone a été prospectée. De nombreuses galeries de recherches ont été entreprises durant les deux guerres. Aucun filon d'anthracite repéré ne s'est révélé exploitable.

Région de Chandoline-Arvilard-Turin.

C'est une zone où la P. S. est très intense sur une grande surface. Elle est formée d'une suite de dépressions mineures ondulant le fond de la dépression négative générale de Chandoline-Arvilard et soulignant des bandes de schistes charbonneux dont l'orientation passe progressivement de N 20° E à Arvilard, à N 55° E autour de Chandoline. Ces dépressions forment une sorte de faisceau convergent en direction de l'W. De plus, il semble y avoir une légère discordance formant un angle d'environ une vingtaine de degrés entre la zone de Chandoline-Arvilard et la zone de Salins-Pravidonda. Nous avons peut-être ici une écaille représentée par la région de Chandoline-Arvilard-Turin, en discordance sous la zone de Salins-Pravidonda. La limite des deux éléments passerait du S d'Arvilard, au N de la galerie

S 1 de la mine de Salins, au S de Turin et au N de Parfin. L'angle aurait été augmenté par la présence du Trias « médian » formant une masse rigide et qui affleure plus à l'W en dehors des limites de notre carte. La direction observée dans la région d'Arvilard a été encore confirmée par une équipotentielle « filée » sur le terrain, juste à l'W de ce lieu. Elle sort du cadre de notre carte des potentiels.

L'orientation des axes P. S. montre bien que la zone de Chandoline ne se poursuit pas vers l'E en affleurements, mais disparaît sous la plaine du Rhône.

C'est dans cette zone que se trouve la mine de Chandoline qui produisit le plus de charbon durant les deux guerres.

Vues générales sur les zones étudiées.

L'étude détaillée et systématique de ces différentes régions va nous permettre d'essayer de les grouper en grandes zones, ceci en se basant sur leur réaction P. S. et leur productivité.

1. La *zone de Bramois*, caractérisée par une violente P. S. et une production d'anthracite honorable.
2. La *zone de Maragnena, les Zapoudes, Champsec et Salins-Pravidonda* caractérisée par une P. S. moins violente et une productivité presque nulle.
3. La *zone de Chandoline-Arvilard-Turin* où la P. S. est très intense sur un grand périmètre et où la quantité d'anthracite produite, ainsi que celle restée en réserve sont beaucoup plus considérables que dans la zone 2.

Bien qu'il soit un peu osé d'établir un rapport certain entre l'intensité de la polarisation spontanée et les possibilités d'exploitation, il nous paraît quand même intéressant de relever que les mines de Bramois et Chandoline, donnant les plus fortes réactions, ont été des zones productives. Par contre toutes les galeries qui ont été creusées dans la région s'étendant de Maragnena-Champsec-Zapoudes à Parfin-Pravidonda-Salins, région où la P. S. est moyenne, n'ont traversé que des bancs d'anthracite de très faible importance, qui pour la plupart n'ont pas été rentables.

Considérations tectoniques et stratigraphiques.

Au point de vue tectonique et stratigraphique, cette étude nous révèle une très grande abondance de bancs charbonneux qu'il aurait été difficile de repérer en surface, et qui présentent une allure assez tourmentée. La région située à l'E de la conduite forcée de l'Usine de la Dixence (E. O. S.) est principalement représentée par une série de couches charbonneuses formant des inflexions.

Qu'il soit dit en passant que la région des Zapoudes, caractérisée par des réactions plates, d'allure allongée moins prononcée, sans grand axe bien défini, nous a laissé rêveur. Plusieurs hypothèses se sont présentées à nous. En effet, il aurait été possible de continuer la zone de dépression négative partant de la ramification qui passe par la galerie le plus à l'E de la région de Maragnena (M 1), en la faisant redescendre depuis la réaction négative située au S de Maragnena, pour rejoindre ensuite la réaction de Champsec (Ch), qui recoupe la route cantonale Sion-Vex. Mais, en tenant compte de l'allure générale des autres réactions et surtout des directions des couches, observées aussi bien en surface que dans les galeries, il nous a paru préférable de nous arrêter à l'hypothèse que nous avons reportée sur notre carte tectonique.

A quoi sont dues les flexures que nous avons observées dans la région de Bramois-Maragnena-Champsec ?

Il semble que la masse des quartzites du Trias et des calcaires en général, bordant le Carbonifère au S, aient été la cause de tels accidents lors des plissements alpins. Cet effort aurait été assez important pour provoquer une sorte de chevauchement, comme nous croyons pouvoir l'observer juste à l'W de Bramois.

En effet, comme nous l'avons déjà montré, la dépression négative qui continue la zone de Bramois à l'W, en bordure de la plaine du Rhône, devient bifide. Une des branches prend la direction N 60° E, alors que l'autre est franchement NS; ce qui signifie que, dans cette région, deux couches charbonneuses se touchent, et par conséquent qu'il y a chevauchement.

A Chandoline, il semble que la carte P. S. ait mis en évidence une légère discordance qui s'accentue à l'W par la présence du Trias « médian ».

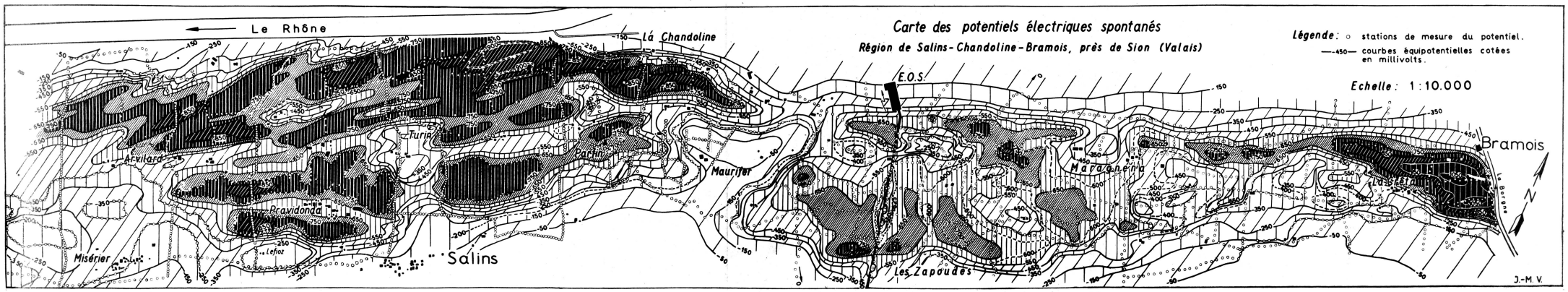
Transgression du Trias sur le Carbonifère.

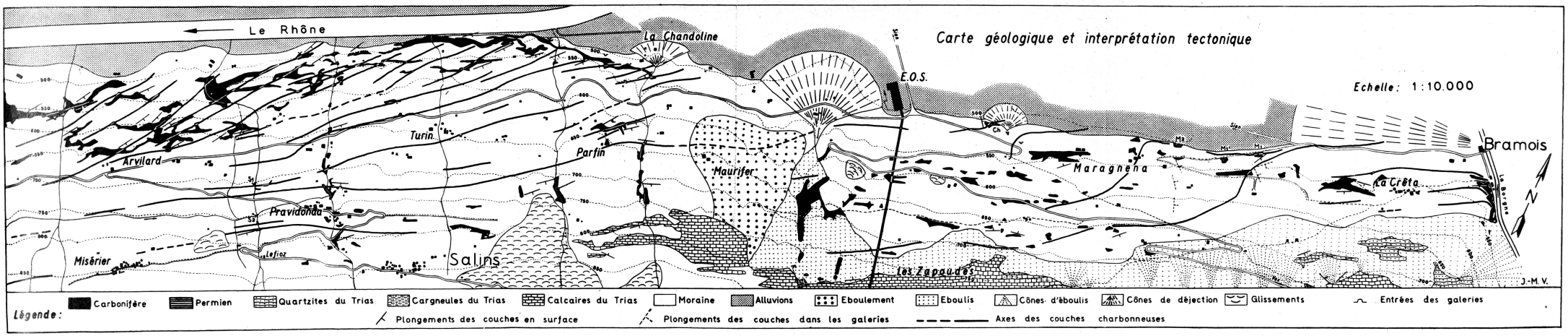
N. Oulianoff [11] dans un travail que nous avons déjà cité, montre qu'Argand voit le Trias et le Carbonifère se plisser en concordance, alors que lui-même a nettement mis en évidence une transgression entre ces deux formations. C'est un problème qui est assez ardu à trancher.

La carte des potentiels montre que les directions dessinées par N. Oulianoff se sont révélées plus ou moins exactes pour la région de Bramois-Maragnena-Champsec. Mais en fait ces directions, ne seraient-elles pas dues à une déformation provoquée par l'importante masse du Trias « bordier » qui domine le Carbonifère au S, de Bramois à l'E de Salins, et où la tectonique du Carbonifère est représentée par une série de flexures ? Près de Salins, les réactions P. S. représentant des couches charbonneuses, prennent une direction correspondant sensiblement à celle de la montée axiale générale qui part de la plaine pour monter en direction de l'W, et ceci juste à l'endroit où le Trias est réduit à sa plus simple expression. Il ne semble pas qu'il faille prendre de telles directions dans la région de Bramois-Maragnena-Champsec pour trouver une transgression du Trias sur le Carbonifère. Les flexures paraissent plutôt être dues au fait que le Carbonifère relativement plastique a cédé sous l'effet d'une masse très rigide, comme le Trias « bordier », lors du plissement alpin.

Si l'on suit le contact entre le Carbonifère et le Trias, on voit que dans la Borgne des schistes verts sériciteux, dont le faciès les a fait considérer comme Permien, reposent sur le Carbonifère, soit en bancs continus, soit en lambeaux. Lorsqu'ils sont absents, ce sont les quartzites, les cargneules et les calcaires qui reposent sur le Carbonifère. Ces observations nous paraissent indiquer une transgression; mais les effets tectoniques peuvent parfois donner les mêmes résultats qu'une transgression.

Nous reviendrons sur cette question, avec plus de détails, dans un autre travail.


Carte des potentiels électriques spontanés
Région de Salins-Chandoline-Bramois, près de Sion (Valais)
Légende: o stations de mesure du potentiel.
—450— courbes équipotentielles cotées en millivolts.
Echelle: 1:10.000
Le Rhône
Lá Chandoline
E.O.S.
Bramois
Salins
Turin
Cactin
Maurifer
Maraqaperra
Les Zapoudes
Pravidonda
Misérier
Lefioz
Le Borgne
N
J.-M. V.


Carte géologique et interprétation tectonique
Echelle: 1:10.000
Le Rhône
La Chandoline
E.O.S.
Arvilard
Turin
Parfin
Maurifer
Maragnena
La Crêta
Bramois
Pravidondaz
Lefioz
Misérier
Salins
Les Zapaudes
J.-M. V.
Légende:
Carbonifère
Permien
Quartzites du Trias
Cargneules du Trias
Calcaires du Trias
Moraine
Alluvions
Eboulement
Eboulis
Cônes d'éboulis
Cônes de déjection
Glissements
Entrées des galeries
Plongements des couches en surface
Plongements des couches dans les galeries
Axes des couches charbonneuses

Anomalie due a la conduite forcée de la Dixence.

Nous voudrions encore signaler une curieuse anomalie que nous avons découverte à l'emplacement de la conduite forcée près des Zapoudes, lors du tracé de l'équipotentielle — 625. C'est une réaction lenticulaire de potentiel relativement positif entaillant la partie inférieure de la réaction négative passant près du Trias bordier, à l'W des Zapoudes. Cette réaction est due au fait que la conduite forcée de la Dixence, enterrée en plusieurs places à cet endroit, débite une certaine quantité de courant d'intensité variable, en provenance de l'usine de l'E. O. S. Cette conduite simule une sorte de gîte métallifère, mais en donnant une réaction inverse, c'est-à-dire une réaction relativement positive. Le courant, au lieu de pénétrer dans la conduite, comme ce serait le cas pour un gîte métallifère, en ressort, produisant la réaction inverse. Il est certain que de tels phénomènes vont avoir des effets corrosifs sur la conduite métallique. Heureusement cette anomalie ne nous a pas gêné dans notre interprétation. Son action ne se fait sentir que sur une cinquantaine de mètres de part et d'autre.

CONCLUSIONS

L'étude des potentiels électriques spontanés de cette partie du Carbonifère a été pour nous un moyen, en plus de ceux employés à l'ordinaire, qui nous a permis d'avoir une vue générale meilleure sur une région déjà bien connue en certains points par les mines, mais où un travail d'ensemble est rendu difficile par le manque presque total de fossiles (très rares fragments de plantes seulement) et par l'absence de niveaux repères caractéristiques. Le fauchage complique encore les choses.

Certes, tout n'a pas pu être expliqué par la carte des potentiels; mais nous croyons quand même qu'elle a donné la possibilité de résoudre quelques problèmes et de lever certains doutes.

Grâce à la coordination de la Géologie et de la Géophysique, une interprétation tectonique a pu être établie sur des bases plus solides. Au moyen des axes, correspondant aux têtes

de couches charbonneuses, que nous avons dessinés en partant de la carte P. S., le problème de la stratification et de la schistosité générale est précisé.

Souhaitons que l'étude de ces courants naturels soit entreprise sur d'autres parties du Carbonifère permettant de compléter la connaissance générale de ce complexe, qui s'avère déjà intéressante.

Université de Genève.
Laboratoire de Géophysique.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. Poldini, Ed., « Sur l'existence de courants électriques naturels liés aux gîtes d'anthracite valaisans », *Compte rendu des séances de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, *60*, 274, 1943.
2. Schmidt, C., « Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse, 1 : 500 000 », *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse*, Bâle, 1920.
3. Poldini, Ed., « Les phénomènes de polarisation spontanée électrique du sous-sol et leur application à la recherche des gîtes métallifères », *Mémoires Soc. vaud. des Sc. nat.*, *40*, vol. 6, nº 1, 1938.
4. Schlumberger, C. et W., « Phénomènes électriques produits par les gisements métalliques », *C. R.*, *174*, 1922.
5. Maillet, R. et L. Migaux, « Conrad Schlumberger et la prospection électrique », extr. des *Annales des mines*, 1re et 2e livraisons, Paris, 1942. Dunod, éd.
6. Lombard, Aug., *Le charbon, composition, géologie, gisements*, Librairie Rouge, Lausanne, 1946.
7. Bersier, Arn., « Phénomènes de plasticité dans les charbons molassiques », *Ecl. Geol. Helv.*, *41*, 101, 1948.
8. Berg, G., Compte rendu bibl. sur: Poldini, E., « Les phénomènes de polarisation spontanée électrique du sous-sol et leur application à la recherche des gîtes métallifères », *Zeitschrift für praktische Geologie*, *46*, 219-238.
9. Christ, P., « Das produktive Karbon der Schweizeralpen, II. Teil: Die Walliser Anthrazitlagerstätten und Walliser Anthrazitbergbau während der Jahre 1917-1924 », *Beiträge zur Geologie der Schweiz.* Geotech. Serie, XI. Lieferung.
10. Poldini, Ed. et J.-M. Vallet, « Etude préliminaire des courants électriques naturels liés au Carbonifère de la région de Salins, près de Sion (Valais) », *Compte rendu des séances de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, *64*, 18, 1947.
11. Oulianoff, N., « Les anciens massifs du Mont-Blanc et de l'Aar et l'orogenèse alpine », *Ecl. Géol. Helv.*, *37*, 31, 1944.
12. *Carte géologique générale de la Suisse*, 1 : 200 000, feuille 6, Sion.