

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 41 (1948)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Phénomènes plasticité dans les charbons molassiques  
**Autor:** Bersier, Arnold  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-161037>

#### **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:** 16.02.2026

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

# Phénomènes de plasticité dans les charbons molassiques

par **Arnold Bersier** (Lausanne)

Avec 10 figures dans le texte

---

Les déformations plastiques des charbons, engendrant dans certains cas de véritables et amples migrations, semblent, à notre connaissance, avoir été relativement peu mises en évidence dans les grands bassins carbonifères. Les meilleurs exemples de distorsion et de refoulement ont été observés dans les zones intra-alpines où, si l'anthracite est rare, les mouvements tectoniques qui l'ont écrasé sont d'une exceptionnelle puissance.

Des injections dans les fissures, failles ou plans de chevauchement furent relevés dans l'anthracite pennique par ALB. HEIM (1) en 1896. KILIAN (2) en 1918 compara le comportement tectonique des charbons alpins à celui d'un savon. CHRIST (3), décrivant en 1925 les exploitations de l'anthracite valaisan de la première guerre mondiale, montra des exemples de sa plasticité. Etudiant à nouveau ces mêmes gisements au cours de leur exploitation pendant la seconde guerre mondiale, LOMBARD et FALCONNIER (8) soulignèrent l'existence de migrations importantes par refoulement des types laminaire et turbulent. Tout récemment le premier de ces auteurs a même donné (11, p. 95) un essai d'explication de la répartition des gisements penniques valaisans en fonction de la migration frontale et du refoulement latéral provoqués par les poussées alpines.

Ce sont des phénomènes de la même sorte, mais de dimensions réduites, que nous décrirons ici. Ils ont été observés dans la bordure molassique des Alpes, sur laquelle les pressions orogéniques étaient considérablement plus affaiblies que dans les zones internes de la chaîne. Leur particularité est de montrer des déformations à l'état embryonnaire, encore en relation directe avec le gisement originel et d'une genèse ainsi plus saisissable.

On sera peut-être surpris de l'importance attribuée ici à des veines de dimensions somme toute négligeables. Mais leurs faibles puissances mettent mieux en relief les déformations subies. Nous ne sommes pas éloignés de croire que dans les épaisses formations carbonifères, celles-ci sont noyées dans la masse, qu'elles y passent plus facilement inaperçues, d'où leur faible place dans la littérature géologique.

**Conditions de gisement:** La «Molasse à charbon» oligocène, puissante de quelques centaines de m., est faite de couches, inclinées de 15 à 30° au SE, de grès des types molasse et macigno alternant avec des termes lithologiques plus argileux, des marnes de toutes duretés, parfois plastiques. Si les passages graduels d'une couche à l'autre sont fréquents, les bancs sont le plus souvent bien séparés par des limites franches. Les passages latéraux sont abondants et rapides.

Dans cette stratigraphie hétérogène s'intercalent quelques veines de charbon dont l'épaisseur peut atteindre parfois 15 et même 25 cm. ou n'être que de quelques

millimètres. Elles ont été exploitées à diverses reprises, particulièrement durant la dernière guerre, ce qui a rendu possible les observations rapportées ici, faites en Suisse romande, entre Lausanne et les Alpes.

Ces couches de charbon sont plus étendues et plus constantes que les couches encaissantes (10). D'habitude elles sont accompagnées de couches minces de calcaires d'eau douce, formées elles aussi en milieu tranquille lors de répit dans l'apport détritique.

Sur le bord alpin de la fosse molassique, d'épais bancs de conglomérat des anciens deltas pénètrent dans les couches gréso-marneuses. Leur plus grande rigidité donne à la tectonique de cette zone son caractère particulier.

**Nature du charbon:** D'âge oligocène, avec des teneurs moyennes en matières volatiles de 40%, en cendres de 15%, en humidité de 1%, en soufre de 5—6%, et un pouvoir calorifique brut de 6000 calories, ce charbon devrait être classé dans la catégorie des lignites. Mais son aspect le rapproche beaucoup des houilles, et il a souvent été désigné autrefois sous ce nom. C'est un lignite noir, dépourvu de tout aspect ligneux, un jai ou Pechkohle que LOMBARD et FALCONNIER (8, p. 9) considèrent comme un terme de passage entre les lignites véritables et les houilles, opinion que nous partageons.

### **Laminage et migrations laminaires.**

Le résultat le plus commun des mouvements tectoniques est le lustrage des veines. C'est dans la région de Belmont qu'il est le plus frappant. Les couches y sont inclinées d'environ 15° vers les Alpes, au S ou au SE. Les surfaces inférieure et surtout supérieure des veines sont particulièrement lisses et brillantes sur toute leur étendue, avec ou sans ondulations. En même temps le feuillement s'accentue, une superposition de plans lustrés se forme dans l'intérieur du charbon. De nombreuses stries adoucies, ou plutôt des cannelures ou lignes de flux, lui donnent une apparence fluidale évocatrice d'écoulements ou de frictions.

A première vue il semble que d'importants mouvements relatifs du mur et du toit se soient ainsi gravés dans la matière charbonneuse, des mouvements couche sur couche exercés parallèlement à la stratification. La veine, plus plastique que les roches encaissantes, a probablement servi de plan lubrifié dans la masse, elle a capté et dirigé un mouvement qui sans elle se serait orienté d'autre manière. Les preuves ou témoins manquent pour mesurer ces déplacements différentiels du mur et du toit.

Mais une autre indication est donnée par la direction des stries et cannelures. Sur une même veine, à quelques m. d'intervalle, leur orientation change. En un même point, sur les faces de feuillets superposés, elles sont divergentes, montrant des écarts angulaires de 10, 20 et même 45°. On a bien là l'impression d'une fuite au large de la matière plastique comprimée entre mur et toit. La pression dirigée régnant dans ce milieu devait être quasi hydrostatique. On ne note aucune déchirure dans le charbon, aucun tronçonnement dans les lentilles de calcaires incluses. Les surfaces calcaires du mur et du toit sont elles-mêmes lustrées et doivent leur poli à une pellicule charbonneuse adhérente.

Il s'agit donc bien là d'un type d'écoulement laminaire particulièrement net. Le charbon reste en couche très égale, sans renflements ni extrusions.

FOURMARIER (5) a noté en 1927 un phénomène pareil sur quelques couches de charbon de la Campine, avec polissage d'une intercalation schisteuse entre deux laies de charbon. Il admet le déplacement des couches entre toit et mur sous l'action des efforts tangentiels. Les stries de glissement s'accentuent lorsque le

plan de stratification présente une inégalité qui a augmenté la friction. Elles peuvent être orientées en sens divers sur une même surface, mais les plus nombreuses, en direction méridienne, montrent que le glissement résulte de la poussée hercynienne.

Ces caractères sont valables pour nos veines romandes où, sans pourtant avoir de critères de comparaison précis, nous avons l'impression qu'ils sont plus accusés. Le dernier, la direction générale des stries ou lignes de flux est chez nous entre le N et l'E, en relation avec la poussée alpine. Mais les divergences sont grandes, même à différents niveaux en un même point de la veine.

C'est également en 1927 que DUPARQUE (6, p. 478) aboutissait à cette même conclusion du déplacement entre toit et mur de certaines veines de houille des charbonnages du Nord de la France. Le passage de la houille à la roche se fait par une zone épaisse de 10 à 20 cm, formée d'écailles laminées, limitées par des miroirs de glissement ou directions de clivage, une vraie brèche de friction, une mylonite.

Mais où va donc ce charbon qui ne quitte pas son plan de gisement, qui ne s'accumule pas en poche ? Les seuls exutoires possibles, les tranches libres de couches ou affleurements, sont souvent fort éloignés. Il se pourrait qu'en dépit de sa grande fluidité apparente la migration n'ait été que de faible amplitude, n'ayant eu pour aboutissement qu'une meilleure égalisation de l'étalement entre toit et mur. Il est possible aussi que le tassement subi par la matière charbonneuse n'ait pas été synchrone partout, que des fluctuations en soient résultées, la contraignant à fluer et refluer d'une aire à l'autre inégalement et alternativement comprimées. On peut aussi, renonçant à un mouvement propre du charbon, ne voir là qu'un déplacement relatif du mur et du toit, un glissement couche sur couche, comme on l'a dit plus haut. Les orientations divergentes des stries montreraient alors que ce glissement fut complexe, que facilité par un plan remarquablement lubrifié, il obéissait aux sollicitations diversement dirigées des torsions et gauchissements tectoniques. On peut enfin concevoir une conjugaison de ces divers mouvements.

**Les queues de charbon:** Pourtant un phénomène des plus curieux, et non encore analysé, jette une certaine lumière sur ce déplacement: c'est celui des « queues de charbon ». RITTER, en 1925 (4, p. 72) avait déjà signalé leur existence dans la région sous le nom de Kohlenschweif. Ce sont des traînées de fragments et particules charbonneux, très altérés par les actions superficielles, sur le prolongement de la veine, au-delà de son affleurement, dans la couverture de moraine ou d'éluvion. L'amalgame de terre argileuse et de matière charbonneuse décomposée forme une masse plastique où subsistent de fines paillettes de charbon. Nous en avons vu des exemples frappants dans les tranchées de recherche ouvertes dans le versant gauche de la rivière La Mionnaz entre Palézieux et Semsales et dans la région d'Oron. Leur allure générale est donnée par la fig. 1. Compacte au débouché de la veine, la queue s'élargit ensuite et s'infléchit vers l'aval du versant. En région moins inclinée la queue prolonge directement le plan de la couche à travers la moraine. Un cas de ce genre, particulièrement net (fig. 2), était visible dans les tranchées jalonnant une tête de veine aux Thioleyres près de Palézieux, où la queue n'existe que dans certains tronçons d'un long affleurement recherché sous la couverture superficielle.

On pourrait chercher leur origine dans une saillie de la veine, d'abord ménagée par la dénudation, puis enrobée dans la moraine où elle se serait ensuite dispersée en se décomposant. Mais si le charbon est difficilement altérable, il est très fragile, et de si minces couches, privées de l'appui des roches encaissantes, n'auraient pu se maintenir rigides et dressées sur une longueur d'un ou de quelques m. hors du terrain, avant le dépôt de la moraine de fond. Le glacier quaternaire, qui arracha et

dispersa des éléments rocheux de son substratum, y compris des blocs de charbon qu'on trouve par-ci par-là disséminés dans la moraine, aurait facilement détruit et enlevé ces saillies. On ne peut pas raisonnablement les considérer comme antérieures au dépôt morainique.

Légende pour toutes les figures (1—10).

	Moraine et éluvion		Marne dure
	Charbon		Grès argileux
	Calcaire d'eau douce		Grès
	Marne tendre et argileuse		Conglomérat

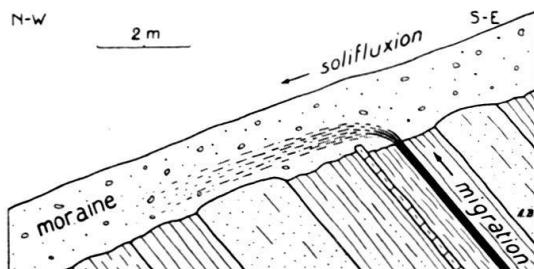


Fig. 1. « Queue de charbon » au Jordil, versant gauche de la Mionnaz, dans la moraine superficielle d'une pente en solifluxion. Migration actuelle.

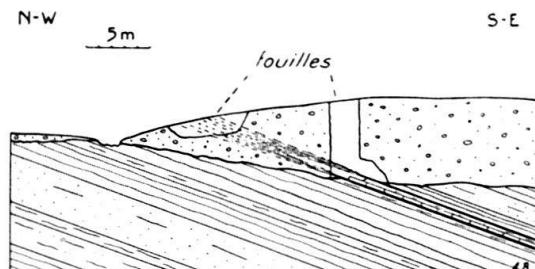


Fig. 2. « Queue de charbon » rectiligne dans la moraine, aux Thioleyres.

Nous attribuerons donc leur formation à une lente extrusion du charbon, exprimé de la veine et introduit par compression dans la moraine sus-jacente, après le dépôt de celle-ci. L'infexion vers l'aval résulte d'une lente solifluxion de la couverture dont les indices abondent dans les versants les plus inclinés de la région. Ainsi la forme si particulière de ces queues doit résulter de deux mouvements conjugués: celui du charbon migrant et celui de la pente en solifluxion.

Une objection surgit. Si la solifluxion rend bien compte de l'écoulement de la trainée sur les versants mobiles, on ne saisit pas clairement pourquoi, dans le cas d'une couverture fixe comme celui de la fig. 2, le charbon « jaillit », rectiligne, dans le prolongement de la veine plutôt qu'en volutes ou circonvolutions dans la moraine qui contrarie son mouvement. Peut-être le maintien de l'orientation première est-il dû à l'état pailleté du charbon migrant, dont les facettes, en s'appuyant mutuellement dans leur déplacement, se guident l'une l'autre dans la direction originelle.

Tout semble indiquer qu'on assiste vraiment ici à la migration actuelle du charbon. Migration très récente en tout cas, doublement datée par la jeunesse du terrain superficiel qu'elle traverse et l'actualité de la solifluxion, dont l'âge ne saurait être celui des grandes poussées orogéniques. Il faut cependant

noter que des mouvements tectoniques très proches de notre temps ont été décelés dans cette région (9).

Le caractère actuel de la migration sous-entend que les veines sont présentement encore sous tension. On remarquera en effet à ce sujet que les fissures de retrait sont inconnues dans nos charbons dont les couches sont très imperméables dans les mines. Compacts à l'extraction, ils finissent toujours par se fissurer profondément. Cet effritement, qu'on a toujours et avec raison attribué à la dessication, pourrait aussi provenir en partie d'une lente détente de cette matière à viscosité extrêmement faible.

**Injections laminaires et feuillettage:** Les phénomènes suivants peuvent encore être rangés dans les migrations laminaires bien qu'ils s'apparentent, à vrai dire jusqu'à s'y confondre souvent, aux migrations turbulentes.

On a pu observer de façon courante, surtout dans les écailles de Molasse à charbon d'Oron et de Palézieux, dans les toits de veines à lustrage intense faits de marnes argileuses tendres, un feuillettage prononcé de la roche. Il est fréquemment, dans les cas simples dirons-nous, parallèle dans l'ensemble à la stratification, avec des ondulations assez larges. Souvent les ondulations passent à des torsions compliquées et turbulentes, donnant naissance par place à une structure lenticulaire.

On constate que la roche est faite de fines alternances de matière phylliteuse et de matière charbonneuse, cette dernière toujours avec des surfaces brillantes et lustrées. Quoique la roche reste tendre, s'effritant en feuillets, elle prend l'apparence d'un schiste. Et c'est bien une sorte de schistosité, un clivage de flux, qui l'a transformée. Peut-être la pression génératrice a-t-elle été moindre que celle qui, dans les roches plus dures, engendre la schistosité, mais elle agissait ici sur une matière plus malléable.

Il est clair, dans le gisement, que certaines de ces alternances de matière argileuse et de charbon sont d'origine stratigraphique. Des feuillets charbonneux très fins se sont déposés en s'interstratifiant dans la roche. Les exemples en foisonnent dans les bancs calcaires accompagnant les veines, qui se montrent finement entre-lardés de couches de charbon parallèles dont l'épaisseur se chiffre parfois par dixièmes de mm. Ces feuillets charbonneux sédimentaires ont alors servi de plans de glissement, démontrant que la plasticité du charbon est supérieure à celle du matériel argileux. Dans ce cas, les feuillets de charbon se clivent parallèlement.

Mais il est aussi clair que d'autres feuillets se sont détachés de la veine, dans laquelle ils s'enracinent parfois encore, et se sont introduits par injection dans les couches argileuses. Leur épaisseur, souvent très faible, peut atteindre deux ou trois mm. Ces feuillets de pâte charbonneuse pure se distinguent des feuillets stratigraphiques par une cassure perpendiculaire à leur plan. Ce sont donc des microinjections semblables à celles, plus grandes, que nous décrirons plus loin, et manifestant une migration du charbon dans l'argile. Il est probable que ces injections, entraînées par la fluxion générale, se sont transformées en pellicules, en enduits brillants, ressemblant aux feuillets d'origine stratigraphique.

La présence de matière charbonneuse dans une marne ou une argile lui confère de remarquables propriétés plastiques. Des couches marneuses de même nature, relevées dans les profils des travers-bancs de recherche, montrent une structure toute différente selon que le charbon est absent ou présent. Dans le premier cas la roche est compacte, dépourvue même de ces feuillets luisants que montrent parfois les argiles aux voisinages des failles ou des chevauchements.

ments. En présence de charbon, au contraire, la masse est bouleversée, lustrée en tous sens et se fragmente en lames et blocs lenticulaires. L'exemple suivant est typique.

Dans les mines de la région d'Oron plusieurs accidents mortels se produisirent par effondrement des plafonds des tailles alors que, d'une façon générale, les plafonds des mines molassiques se maintiennent fort bien d'eux-mêmes sur des portées de quelques m. Les masses effondrées avaient une forme de cloche (voir fig. 3) d'où le nom de «cloches de la mort» que les mineurs leur donnèrent. La partie supérieure était toujours lustrée. C'était un tronçon convexe d'un clivage général onduleux et entrecroisé du toit, à surfaces parfois charbonneuses et noirâtres, parfois grises comme la roche, résultat de l'entraînement de la marne par le mouvement du charbon sous-jacent. La couche marneuse du toit, sollicitée par le bas, avait partiellement suivi le mouvement qu'elle freinait, en se découpant en lentilles.

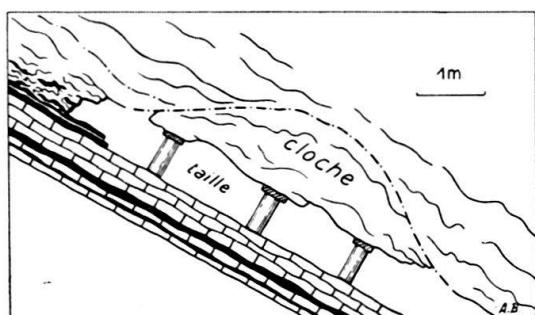


Fig. 3. Cloche dans le toit marneux laminé de la veine Oron II.

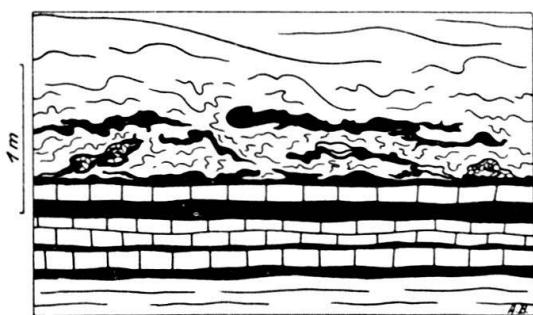


Fig. 4. Type de migration turbulente dans la partie supérieure de la veine Oron II. Les apophyses et injections ont été extravasées de la veine supérieure dans le toit, dans lequel elles ont été contenues par la compacité des marnes superposées. Les veines inférieures, canalisées par les bancs calcaires, ne sont affectées que de migration laminaire.

### Migrations turbulentes.

Dans la migration laminaire l'ensemble de la roche combustible suit le flux général, selon lequel elle s'ordonne, en restant ordinairement dans son plan de stratification. Dans la migration turbulente ce déplacement se complique d'écarts capricieux. Les lignes d'écoulement ne sont plus régulières. Elles se troublent et se perturbent en tous sens, donnant toujours l'impression que la matière plastique comprimée en milieu plus rigide a été partiellement expulsée de son gisement et extravasée dans les zones faibles ou les vides de ses épontes, sans respecter la stratification. Il n'y a pas de limite stricte entre ces deux formes de migration du charbon, pas plus du reste qu'entre ces mêmes modes d'écoulement des liquides. Et souvent les fines injections laminaires décrites précédemment sont tordues en replis mouvementés relevant déjà d'un mouvement turbulent.

Nous ramènerons toutes les observations de migrations turbulentes de notre région aux deux types suivants, dont tous les intermédiaires peuvent exister et s'associer. Ils sont déterminés par les différences de nature de la roche réceptrice et sans doute aussi par celles de l'intensité des contraintes subies.

**Migration contenue:** La matière charbonneuse extravasée de son lit dans les épontes reste contenue dans le voisinage immédiat de la veine par la compacité du toit. Les extrusions: apophysés, injections, hernies, sont de même ordre de grandeur et leurs formes, quoique tourmentées, restent subordonnées à la direction générale de flux. Les plus beaux exemples ont été relevés dans la partie supérieure de la veine Oron II (fig. 4). C'est une veine complexe dont la base est faite de couches de charbon cuirassées de bancs calcaires, et le sommet, d'une veine avec toit marneux plastique à clivage prononcé. Tandis que les couches de base, maintenues par leur blindage calcaire, ne montrent que des mouvements laminaires, la veine supérieure s'est disloquée et ses lambeaux disjoints, malaxés et comme passés à la boudinière, se sont enfouis dans la marne du toit en apophysés et lames tortueuses. Leurs contacts avec la marne sont toujours lustrés et celle-ci est feuilletée et tordue de la façon la plus disharmonique par rapport au charbon.

Le combustible peut s'être accumulé en hernies à surface striée et cannelée, hors de la veine (fig. 5), rappelant en petit les poches de l'anthracite valaisan.

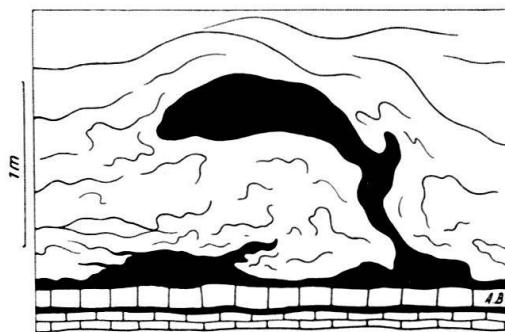


Fig. 5. Hernie de charbon (mine d'Oron).

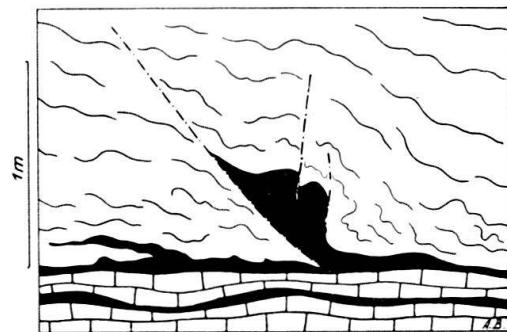


Fig. 6. Intumescence de charbon faillant le toit (mine d'Oron).

On a constaté plusieurs fois que ces intumescences se logent dans une place produite par une faille de faible amplitude (fig. 6 et 7). Elles s'atténuent et meurent vers le haut, et ne se prolongent pas dans le mur. On ne les rencontre pas dans les autres couches marneuses semblables de la formation. Elles sont dues à la poussée du charbon intrusif, ce qui éclaire le mécanisme de sa déformation. Le charbon n'a pas été entraîné et malaxé passivement. La pression l'a animé d'un mouvement propre et il s'est injecté et amassé dans la marne du toit. Et c'est cette migration contrariée qui a tordu et disloqué la marne enrobante dont le rôle n'a été que passif. On comparera cette extrusion turbulente sous haute pression à celle, laminaire et sous pression quasi nulle, des queues de charbon.

Certaines lentilles tordues, séparées de la masse, sont dues ici aussi peut-être à une interstratification originelle, mais beaucoup d'autres sont apophysaires et encore enracinées, témoignant de leur appartenance première à la veine.

**Migration filonienne:** Dans ce type la matière charbonneuse expulsée échappe à la direction générale du flux; la forme des extrusions est seulement déterminée par celle des espaces libres dans la roche encaissante.

Les meilleurs exemples en sont dans la zone des poudingues subalpins. Là des bancs puissants de conglomérat s'intercalent dans les séries gréso-marneuses. C'est à leur base, dans des marnes plus ou moins dures, que se trouvent les petites veines de charbon déposées pendant des périodes d'arrêt ou de ralentissement de

l'apport détritique, avant les subsidences qui déclanchèrent l'invasion des alluvions graveleuses. A la poussée alpine les conglomérats résistèrent rigidement; les contraintes déformèrent d'autant plus intensément les marnes intercalées, et les glissements couche sur couche se multiplièrent dans cette région.

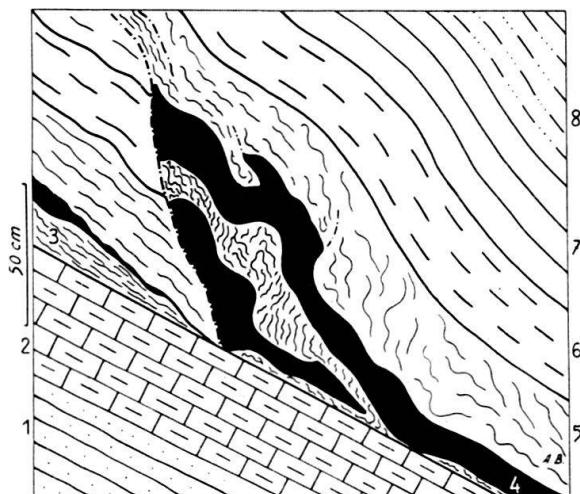


Fig. 7. Fissure formée par la poussée du charbon intrusif dans le toit de la veine des Tavernes, près Oron.

- 1 macigno, 2 calcaire d'eau douce,
- 3 marne charbonneuse, 4 charbon,
- 5 marne tendre,
- 6 et 7 marnes dures, 8 macigno.

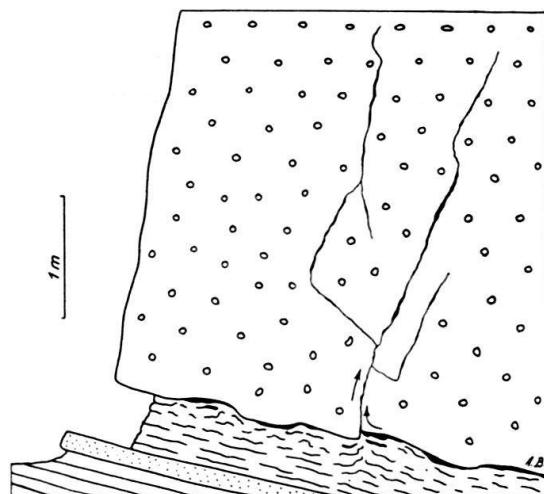


Fig. 8. Injection filonienne de charbon pur dans les fissures d'un toit de conglomérat. L'Arsillier près Attalens, Mont-Vuarat.

Le charbon violemment comprimé se réfugia où il put, principalement dans les fissures des conglomérats. Il y fut injecté en véritables filons, réalisant à petite échelle des appareils éruptifs complets, mais d'un style plus fluide encore que celui d'un magma. Des fouilles dans le Mont-Vuarat montrèrent des ramifications filonniennes verticales à travers plusieurs m. de poudingue (fig. 8) dont l'origine ne put pas toujours être décelée. Certaines n'avaient que quelques dixièmes de mm. d'épaisseur et d'autres, serrées aux extrémités, avaient dû s'infiltrer par des fissures si minces qu'on ne les voyait pas. Dans la mine des Monts-de-Corsier furent rencontrés, formés aux dépens d'une veine particulièrement bouleversée, de véritables dykes et laccolites de charbon avec apophyses ramifiées dans les ondulations de la base d'une assise de conglomérat (fig. 9)<sup>1</sup>.

### Sélection par migration.

«Un autre trait de la migration est d'être sélective» a noté A. LOMBARD (11, p. 93) dans le domaine alpin, où l'anthracite peut avoir été accompagné sur de petits trajets par des schistes graphiteux auxquels le début du mouvement l'a mélangé, tandis que sur de plus longs déplacements il y a eu séparation du charbon.

<sup>1)</sup> On remarquera la ressemblance de ces injections et microinjections et des «infiltrations» charbonneuses de toutes tailles décrites par RITTER et KELTERBORN dans la Schrattenkalk de Kandergrund (12).

Dans la Molasse la sélection opérée par la migration est plus nette encore. De toutes les roches plastiques ou charbonneuses, c'est le meilleur charbon qui s'est déplacé le plus loin, avec la plus grande facilité, comme s'épurant pendant le transfert. On l'a remarqué dans toutes les injections. Mais c'est aux Monts-de-Corsier que cette ségrégation était la plus claire. La veine elle-même était un malaxage de lentilles charbonneuses pétées d'argile schisteuse et noirâtre. La valeur du combustible avait sérieusement souffert de cette trituration, rappelant en cela les anthracites valaisans. Mais les injections étaient de charbon pur. Ainsi s'explique le paradoxe d'une mine qui pouvait livrer d'une part à l'échantillonnage des quantités limitées d'un charbon ségrégatif excellent, mais dont le tout-venant livré par wagons était d'autre part d'une qualité déplorable.

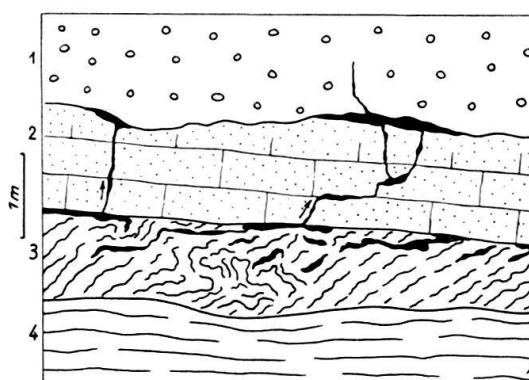


Fig. 9. Type de migration turbulente avec extravasation filonienne dans la mine des Monts-de-Corsier (Zone des conglomérats du Mont-Pélerin, devant le front des nappes préalpines). La « veine » est faite de marne très charbonneuse bouleversée et schisteuse. Les ségrégations de charbon pur ont fuit par les fissures du toit, comme des filons ou des dykes, et se sont accumulées en laccolites, avec apophyses, à la base du conglomérat supérieur.

1 conglomérat, 2 grès calcaire, 3 marne charbonneuse schistosée avec lentilles de charbon ségrégatif, 4 marne dure.

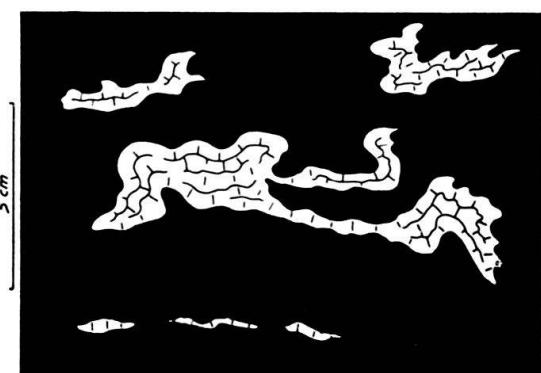


Fig. 10. Torsions de plaques calcaires rigides dans le charbon plastique; effet de plasticité acquise par enrobement.

### Entraînement plastique des calcaires.

Dans la formation molassique, hors de la région des conglomérats subalpins, les minces bancs calcaires sont la roche la plus rigide. Comme tels ils sont de beaucoup les plus diaclasés, au point de fonctionner comme drains, causant des venues d'eau et inondant, après les pluies, les mines dont la veine imperméable possède un toit calcaire. Leur défaut de plasticité se voit aussi dans les lèvres des failles. Le charbon s'y étire avec la plus grande facilité, mais les bancs calcaires y sont au contraire tronçonnés en plaques rigides, avec des jointures dans lesquelles le charbon et l'argile ont fait irruption. Du point de vue de leur plasticité, calcaire et charbon sont donc dans ce terrain deux termes extrêmes et opposés.

Engendrés dans des conditions de sédimentation assez analogues, à l'abri des apports détritiques, les couches minces de ces deux roches se sont fréquemment et intimement associées. Les calcaires ont doublé et cuirassé les veines, opposant leur rigidité aux déformations du charbon, canalisant étroitement sa migration entre mur et toit.

Néanmoins il y a eu, dans certains cas où la marne s'associe au calcaire dans le toit, formation de brèches calcaréo-charbonneuses. Les éléments calcaires anguleux, d'un ordre de grandeur de quelques mm. à quelques cm., y sont noyés dans un ciment de charbon. Ces brèches forment des nodosités d'une taille de 10 à 20 cm., à pourtour entièrement lustré, en particulier dans les marnes du toit de la veine Oron II. Souvent la proportion de charbon est faible, elle ne forme guère qu'un enduit lustré autour des grains. En les séparant elle a facilité leur glissement, comme le fait pour des débris une pâte molle ou un mastic, comme aussi une faible proportion de boue rend possible la mise en mouvement d'une masse d'éboulis anguleux. Il est probable que ce calcaire était à l'origine interstratifié dans le charbon, ou qu'il le séparait du toit plus tendre, en intercalations trop minces pour résister à l'entraînement<sup>2)</sup>.

Parfois le calcaire a subi des torsions très compliquées avec étirement, laminage et striation, prenant alors lui-même l'allure lenticulaire et contournée d'une matière très plastique (fig. 10). Ailleurs des fragments calcaires ont été roulés et arrondis en baguettes.

Bref, on constate une communication des propriétés plastiques du charbon à une roche rigide incluse. Cette plasticité acquise par enrobement est analogue à celle dont on use dans l'industrie pour ployer des substances trop cassantes par elles-mêmes. Elle rappelle aussi la déformation expérimentale de la calcite comprimée par RINNE (7, p. 45 et fig. 67) dans de la poudre d'alun. Ce phénomène doit d'ailleurs avoir une importance générale et considérable dans la tectonique à toutes les échelles, des plissements du gneiss à ceux des montagnes. L'hétérogénéité des deux corps en présence le rend simplement ici plus frappant.

### Conclusions.

Les observations qui précèdent contribueront à démontrer que le charbon s'écoule et migre et que sa plasticité, comparée à celle des autres roches, est surprenante. Elle est de beaucoup supérieure à celle des roches molassiques, dont la rigidité n'est pourtant pas grande, supérieure même à celle des marnes, voire des marnes argileuses plastiques, qu'à première vue on considérerait comme beaucoup moins rigides que lui.

On trouve en Molasse des déformations dont la ressemblance est frappante, quoique à une échelle réduite de 10 ou 100 fois, avec celles de l'anthracite alpin pennique. Dans la première région, le charbon et la roche sont tendres et la pression tectonique relativement faible. Dans la seconde les roches sont plus rigides, le charbon aussi sans doute, mais la pression incomparablement plus violente.

Tout comme l'anhydrite, le gypse ou le sel, le charbon a un comportement tectonique spécial, d'une fluidité extraordinaire. Il serait excessif de parler d'un diapirisme du charbon, mais ses réactions tectoniques s'apparentent à ce style. Et son poids spécifique faible, puiqu'il n'est que de 1,4, doit faciliter son expulsion des roches encaissantes. C'est en effet toujours vers le haut que

2) RITTER et KELTERBORN (12, pl. VI, fig. 4—5) ont figuré une brèche semblable au contact du charbon et de la Schrattenkalk de Kandergrund, avec «nids et infiltrations» de charbon.

s'effectue son déplacement, dans la région limitée et dépourvue de séries renversées de notre étude. Sur ce point la ressemblance avec le diapirisme est frappante.

Ses qualités plastiques, le charbon molassique les doit sans doute non seulement aux pressions subies, mais aussi à des caractères spéciaux: à la nature de sa pâte, à sa jeunesse relative et à l'absence de structure ligneuse qui est ordinairement celle des combustibles de cet âge. A cet égard, et à d'autres points de vue encore, il serait d'un grand intérêt de comparer ses déformations à celles de charbons comprimés de nature différente. Il doit y avoir en effet une gamme étendue de plasticités diverses dans les différentes roches combustibles.

Dans l'étude de la schistosité, nous pensons que les divers charbons doivent être un matériel de choix, d'une sensibilité sans égale chez les autres roches. On ne possède que quelques données, principalement dues à Duparque, sur ce sujet qui paraît avoir été trop négligé.

Les exemples rapportés ici autorisent à conclure que le charbon s'écoule et migre dans les conditions actuelles. Il n'est pas nécessaire d'invoquer absolument la plus grande plasticité originelle pour expliquer ce déplacement. Les «queues de charbon» traversant la moraine et les éluvions superficielles montrent en tout cas que si cette fluxion ne se produit pas forcément sous nos yeux, elle a lieu, ou a eu lieu dans des circonstances qui, géologiquement parlant, sont les conditions actuelles. A vrai dire rien ne permet de douter qu'elle soit contemporaine.

Enfin on constate que les phénomènes de plasticité les plus amples se trouvent dans le bord alpin du synclinorium molassique. Plus on s'éloigne des Alpes, plus ils s'atténuent. On en déduit que la pression orogénique subie décroissait dans le même sens, ce qui est conforme à une notion généralement admise. Mais cette démonstration nouvelle valait d'être notée.

Si l'on compare maintenant les amples migrations penniques, au cœur du bouleversement alpin, à celles de la Molasse subalpine qui s'effacent progressivement vers le large de la chaîne, on remarque un parallélisme général dans l'amplitude décroissante de la pression subie et dans celle des migrations qu'elle a provoquées. On en vient alors à se demander si l'étude comparative des déformations plastiques de divers charbons ne pourrait un jour nous renseigner sur l'intensité des poussées exercées sur les roches qui les contiennent.

### Bibliographie.

1. HEIM, ALB. — *Stauungsmetamorphose an Walliser Anthrazit und einige Folgerungen daraus.* Vierteljahrsschrift der naturforsch. Gesellschaft in Zürich. 1896.
2. KILIAN, W. — *Sur le terrain houiller des environs de Saint-Michel-de-Maurienne.* C. R. Acad. Sc., t. CLXVI, p. 100. 1918.
3. CHRIST, P. — *Das produktive Karbon der Schweizeralpen, II Teil: Die Walliser Anthrazitlagerstätten während der Jahre 1917—1924.* Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie, XI. Lief. Bern 1925.
4. RITTER, E. — *Die schweizerischen Molassekohlen III, II. Teil, Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie, XII Lief.* 1925.
5. FOURMARIER, P. — *A propos du glissement des couches de houille entre toit et mur dans le bassin de la Campine.* Ann. Soc. Géol. de Belgique, t. L, n° 8, p. 236, 1927.
6. DUPARQUE, A. — *Le rôle des actions mécaniques dans l'évolution des couches de houille.* Bull. Soc. géol. France, 4e série, t. XXVIII, p. 455, 1928.
7. RINNE, F. — *La Science des roches.* 3e éd. française, Lamarre, Paris. 1928.
8. LOMBARD, AUG. et FALCONNIER, ALF. — *Les combustibles solides suisses et étrangers.* Bull. Technique Suisse romande, Lausanne, 27 nov. 1943.

9. BERSIER, A. — Un mouvement quaternaire en Molasse subalpine, *Eclogae geol. helv.* Vol. 37, n° 2, p. 424, 1944.
10. BERSIER, A. — Sédimentation molassique: variations latérales et horizons continus à l'Oligocène. *Eclogae geol. helv.* Vol. 38, n° 2, p. 452. 1945.
11. LOMBARD, AUG. — Le charbon. Composition, géologie, gisements. Rouge, éd. Lausanne. 1946.
12. RITTER, E. A. und KELTERBORN, P. — Über das Kohlevorkommen der „Schlafegg“ ob Kandergrund (Berner Oberland). *Eclogae geol. helv.* Vol. 39, n° 1, p. 1—20. 1946.

Manuscrit reçu le 18 février 1948

---