Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 69 (1943)
Heft: 24

Artikel: Les combustibles solides suisses et étrangers
Autor: Lombard, Augustin / Falconnier, Alfred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-52535

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: 16.08.2025

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

69e année — 27 novembre 1943 — N° 24

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : M. Imer, à Genève ; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; P. Joye, professeur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Martin, architecte ; E. Odier, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions de pages.
En plus 20 % de majoration de guerre.
Rabais pour annonces répétées.
ANNONCES-SUISSES S. A.
5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer.

SOMMAIRE : *Les combustibles solides suisses et étrangers*, par Augustin Lombard, Dr Sc. privat-docent à l'Université de Genève, et Alfred Falconnier, Dr Sc. chargé de cours à l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne. — *Société suisse des ingénieurs et des architectes : Procès-verbal de l'assemblée des délégués du 11 septembre 1943* (suite et fin) ; *Procès-verbal de la 58e Assemblée générale du 11 septembre 1943, à Genève ; Communiqué du secrétariat ; Groupe professionnel des architectes pour les relations internationales.* — Service de placement. — Documentation.

Les combustibles solides suisses et étrangers

par Augustin LOMBARD,
Dr Sc. Privat-docent à l'Université de Genève,
et Alfred FALCONNIER,
Dr Sc. Chargé de cours à l'Ecole d'ingénieurs
de l'Université de Lausanne.

Introduction.

La Suisse fait actuellement un effort considérable pour exploiter et mettre en valeur les ressources minérales de son sous-sol. Parmi les matières premières les plus abondantes — toutes proportions gardées — il convient de citer les anthracites, les charbons en général et les lignites. C'est à ces combustibles que nous désirons consacrer aujourd'hui le présent article. [1]

Les charbons suisses jouent un rôle qui n'est point négligeable dans notre économie de guerre : leur exploitation permet en effet d'augmenter les contingents de charbon que nous recevons de l'étranger, de favoriser dans une certaine mesure notre industrie nationale et de lutter aussi contre la menace toujours possible du chômage.

L'aspect technique et industriel du problème ayant déjà fait l'objet de quelques publications auxquelles nous renvoyons le lecteur (voir bibl. 1, 3, 6 et 13), nous développerons ici le côté géologique de la question auquel reviennent continuellement les exploitants et leurs ingénieurs.

[1] Le *Bureau fédéral des Mines* de l'Office de Guerre pour l'Industrie et le Travail a autorisé la publication de cet article sans émettre d'opinions sur les propositions qui y sont énoncées ; seuls les auteurs en sont responsables.

La connaissance géologique et chimique du combustible de même que sa mise en place dans les gisements jouent en Suisse un rôle encore plus marqué qu'ailleurs et tout particulièrement dans la zone pennique du Valais où la répartition du charbon est entièrement conditionnée par le facteur tectonique. Comme les gisements valaisans penniques (rive gauche du Rhône) fournissent le plus gros tonnage en combustibles indigènes, nous pensons qu'il y a intérêt ici à étudier ces gisements plus complètement que les autres.

Pour répondre, au préalable, aux nombreuses questions qui nous sont souvent posées par les techniciens et les exploitants, nous commencerons par expliquer le mode de formation des combustibles solides, par les définir et les classifier (chap. I et II). Ces données étant connues, nous passerons à l'étude des combustibles indigènes et nous pourrons alors les comparer aux combustibles étrangers (chap. III et Conclusion).

Chapitre I. L'origine des combustibles solides et leurs éléments.

§ 1. *Les bassins d'accumulation.*

Lorsque l'on cherche à se représenter comment et dans quelles conditions se sont formés les dépôts de charbon, c'est aux tourbières que l'on porte tout naturellement son attention. L'analyse pétrographique des charbons montre en effet que ceux-ci constituaient à l'origine un dépôt végétal accumulé en eau douce. Ce dépôt consiste en feuilles, spores et débris ligneux tels que troncs, tiges et branches lesquels se sont fossilisés dans la suite.

Les plantes formant le dépôt végétal peuvent avoir soit les caractères des flores froides du type boréal telles que celles des tourbières, soit les caractères des flores chaudes du type tropical telles que celles des marécages de la zone équatoriale.

L'accumulation des débris végétaux n'est pas nécessairement rapide. Dans les régions froides, elle est lente de même que la fossilisation du dépôt ainsi formé. Dans les pays chauds, elle est plus rapide et le processus de décomposition, plus actif. Quels que soient les caractères de la flore, ces dépôts s'accumulent dans des régions relativement plates, humides et à fortes précipitations atmosphériques.

Ces facteurs essentiels ne sauraient cependant expliquer à eux seuls la formation des grands bassins carbonifères. Les géologues ont pu démontrer alors que ces grands bassins d'accumulation végétale étaient liés à de vastes mouvements d'affaissement effectués lentement, progressivement et à plusieurs intervalles. De tels affaissements de grande amplitude et de longue durée ont reçu le nom de « subsidences ». *Pruvost* a montré par exemple que le grand bassin houiller du nord de la France avait subi au cours de sa formation quatre cents affaissements successifs et que l'épaisseur cumulée des dépôts carbonifères stériles et productifs dépassait 2000 m.

L'alternance des phases d'affaissement permettant l'accumulation lente du dépôt végétal en eau peu profonde et des phases d'ensablement précédant une nouvelle phase d'affaissement est donc une condition nécessaire et essentielle à la formation d'un grand bassin carbonifère. Les mouvements d'affaissement doivent en outre être très lents et progressifs pour ne pas troubler la sédimentation du dépôt végétal par des apports torrentiels et irréguliers.

En Suisse ces conditions d'accumulation ne sont que très imparfaitement réalisées : ou bien les affaissements permettant l'accumulation normale du charbon ont été de courte durée et peu fréquents ou bien les affaissements ont été très irréguliers, saccadés ou trop rapides. Nous pourrions citer comme exemple du premier cas, les charbons molassiques (Paudex, Oron) et, du deuxième cas, les charbons penniques (Grône, Bramois, Chandoline). Il n'y aurait guère que dans certains secteurs de la zone hercynienne des Alpes (Collonges, Dorénaz) que les conditions d'accumulation se rapprocheraient un peu de la normale et autoriseraient une comparaison avec celles qui sont à l'origine des grands bassins carbonifères étrangers (présence de la « Collongite », voir chap. III, § 2).

Rappelons enfin que deux théories connues permettent d'expliquer l'accroissement d'un dépôt végétal : c'est d'une part l'« autochtonie » selon laquelle les végétaux croissent, meurent et se déposent sur place et d'autre part l'« allochtonie » selon laquelle l'accumulation des débris végétaux serait due au flottage de ces derniers par les fleuves, suivi du dépôt dans les estuaires et marécages côtiers.

En Suisse, à l'exception des lignites quaternaires autochtones et des lignites tertiaires autochtones ou allochtones bien caractérisés, il n'est guère possible actuellement de prendre parti pour l'une ou l'autre de ces théories qui d'ailleurs se complètent dans bien des cas et qui trouvent à l'étranger des confirmations souvent intéressantes.

§ 2. *Le dépôt végétal et la carbonisation.*

Les conditions essentielles à la formation d'un dépôt végétal étant connues, suivons maintenant l'évolution de ce dépôt jusqu'à sa transformation en charbon.

On sait qu'il existe divers types de combustibles solides dont la teneur en carbone fixe varie dans d'assez larges limites. Le bois peut renfermer en moyenne 50 % de carbone, la tourbe 60 %, le lignite 70 %, la houille 82 % et l'anthracite 94 %. Le processus même de la carbonisation consiste donc essentiellement en un enrichissement en carbone et en un appauvrissement graduel en hydrogène et en oxygène, les autres éléments constitutifs du bois. Durant la carbonisation, il se dégage également des hydrocarbures mais dans une proportion beaucoup moins grande que les quantités d'hydrogène et surtout d'oxygène libérées.

Cette décomposition chimique s'opère aux dépens d'une bouillie végétale résultant de l'accumulation de plantes en milieu aqueux. La bouillie végétale subira d'abord une intense fermentation bactérienne avec dégagement de gaz (H_2O, CO_2, CO, CH_4 et autres hydrocarbures). Cette action bactérienne sera plus ou moins vive et la nature de cette action variera suivant que la lagune renfermant la bouillie végétale est plus ou moins profonde ou plus ou moins aérée (fermentations aérobie et anaérobie). Elle sera limitée aussi par la toxicité même des produits de la fermentation et, au fur et à mesure de l'affaissement du futur bassin charbonnier, ce seront alors les facteurs pression et température qui prendront le pas sur l'action microbienne dans le processus même de la carbonisation. La bouillie végétale s'enrichira donc progressivement en carbone, donnera naissance à un filon et renfermera les gaz qui n'auront pu s'échapper lors de son enfouissement au sein du terrain stérile.

Ce dernier formera d'une part le « mur » du filon qui sera soit le sol primitif de végétations au-dessus duquel s'est développée la bouillie végétale, dans le cas d'un gisement autochtone, soit le fond d'un bassin où se sont accumulés des débris végétaux flottés, dans le cas d'un gisement allochtone. Le terrain stérile formera d'autre part le « toit » du filon, constitué primitivement par des sables et des argiles terrigènes ou marins qui se transformeront ensuite en grès et en schistes argileux. Le toit du filon marquera la cessation de la sédimentation végétale par suite de l'immersion de la forêt, de sa décomposition et du comblement de la lagune. C'est de cette manière que la bouillie végétale se transforme lentement en lignite à l'abri de l'air.

Bien que les avis concernant le processus détaillé de la

carbonisation ne concordent pas toujours entre eux, car le phénomène est en somme assez complexe, on admet cependant que la bouillie végétale subit, comme nous l'avons vu, une évolution bio-chimique qui l'amène au stade lignite. C'est à partir de ce stade que les théories peuvent diverger. On a cru pendant longtemps que la carbonisation était d'autant plus poussée que le gisement en question était plus ancien. En conséquence, tous les dépôts carbonifères paléozoïques (ère primaire) devaient être transformés en charbon, si ce n'est en anthracite. Or, on a trouvé dans le secteur de Tula du bassin charbonnier de Moscou de véritables lignites à la base des assises de charbon d'âge carbonifère. Ce sont donc des combustibles qui, malgré leur âge ancien, n'ont pas subi une carbonisation complète et sont restés au stade lignite qui caractérise bon nombre de gisements plus récents. Inversement, on a trouvé dans des terrains relativement jeunes des combustibles très évolués et riches en carbone dont on peut expliquer l'existence soit parce que le combustible est au voisinage d'un contact éruptif (métamorphisme de contact avec ou sans cokéfaction), soit parce qu'il a été très fortement comprimé et replissé par les contraintes orogéniques (dynamo-métamorphisme).

La carbonisation étant accompagnée d'un appauvrissement en matières volatiles au fur et à mesure que s'accroît la teneur en carbone, il n'est pas étonnant de rencontrer dans nos Alpes des combustibles très évolués et généralement pauvres en matières volatiles quand on sait que le dynamo-métamorphisme favorise la carbonisation et qu'il a été tout spécialement actif lors de la formation de nos montagnes (plissement alpin d'âge tertiaire). C'est pourquoi nous trouvons en Valais des combustibles du type anthracite et même du graphite, terme ultime de la carbonisation. Dans les Alpes autrichiennes, en Styrie notamment, on a trouvé aussi des filons de charbon entièrement métamorphisés en graphite. En Allemagne, les plissements hercyniens d'âge primaire ont également contribué à transformer les gisements de lignite en houille et en anthracite.

La carbonisation d'une bouillie végétale peut donc s'effectuer progressivement dans le temps en transformant ce dépôt en lignite par voie bio-chimique puis en charbon par voie physico-chimique (facteurs température et pression) au fur et à mesure de l'affaissement du bassin de sédimentation. Elle peut aussi être accélérée par l'action prépondérante des facteurs pression et température dans le cas où le dépôt primitif est soumis à de gros efforts orogéniques. Enfin la carbonisation d'une bouillie végétale peut s'effectuer plus ou moins complètement suivant la composition primitive de ses principaux éléments(accumulation de feuilles, de spores ou de débris ligneux). Nous allons donc passer en revue les divers éléments du charbon dont la prépondérance de l'un des termes peut expliquer dans certains cas l'état de carbonisation du combustible trouvé et lui conférer des propriétés techniques qui intéressent tout particulièrement l'industriel.

§ 3. *Les éléments des combustibles solides.* (voir bibl. 7 et 11).

Il convient de distinguer les éléments suivants :

A. Les *tissus ligneux*, qui forment le squelette des plantes et tous leurs organes de soutien, de protection et de circulation. Ces tissus sont en cellulose imprégnée de lignine dont la composition chimique est celle d'un hydrate de carbone complexe. Ce sont les principaux constituants de tous les combustibles solides.

B. Les *spores* ou cellules de reproduction des plantes. Leur membrane est en cutine qui résiste longtemps à la carbonisation et l'intérieur, en cellulose. Les spores et le pollen jouent un rôle dominant dans la teneur en bitume des charbons. Le « cannel-coal » est une variété de charbon riche en spores de cryptogames et en pollen de gymnospermes. Il renferme souvent moins de 1 % de cendre et donne de 40 à 60 % de matières volatiles.

C. Les *cuticules*, qui forment l'épiderme des plantes : ce sont des cellules rectangulaires, séparées par des stomates (organes de respiration) et qui sont constituées extérieurement par de la cutine et intérieurement par de la cellulose. D'après *Legg* et *Wheeler*, les lignites peuvent renfermer un fort pourcentage de cutine (55 %) due à la présence des cuticules. La cutine est constituée par un corps gras formé d'éthers de glycerine et d'éthers mixtes auxquels s'ajoutent des acides subériques et des acides gras supérieurs. Il est intéressant de noter que c'est précisément par la distillation des cuticules que l'on obtient industriellement la majeure partie des goudrons.

D. Les *algues*, dont de nombreuses espèces peuplent les eaux douces. Elles peuvent former des amas fossiles importants dénommés « bogheads ». Ces charbons sont constitués essentiellement par des algues microscopiques englobées dans une gelée brune imprégnée de matière bitumineuse. Ce sont les meilleurs charbons à gaz (400 m³ à la tonne) mais leur coke est friable et riche en cendres.

E. La *Dopplérite* qui est un colloïde analogue à la pâte des bogheads, produit ultime de la précipitation des matières organiques dérivées des acides humiques. Elle se forme actuellement dans les tourbières.

F. Les *cendres* provenant des matières minérales contenues dans les végétaux eux-mêmes, des apports fluviatiles et éoliens durant le dépôt de la bouillie végétale et enfin — nous y reviendrons plus loin à propos de l'anthracite pennique — de l'injection de schistes stériles au sein du charbon lors de sa mise en place tectonique (voir fig. 27). D'après les analyses chimiques, ce sont généralement les éléments siliceux, argileux et pyriteux qui prédominent dans les cendres car les éléments alcalins et alcalino-terreux contenus principalement dans les plantes sont relativement solubles et peu abondants. On peut donc souscrire, avec *Legraye*, à l'hypothèse selon laquelle les éléments des cendres proviennent surtout d'apports externes et dans une faible proportion des végétaux eux-mêmes.

Enfin la présence de soufre organique dans certains combustibles solides serait due, selon nous (A. F.), à l'action oxydante des sulfo-bactéries au sein d'une bouillie végétale que baignaient des eaux sulfureuses. La destruction en masse de ces micro-organismes dont le plasma renferme du soufre, comme on l'observe de nos jours, aurait pu contribuer à enrichir en soufre certains dépôts végétaux dès le début de leur carbonisation. Les bactéries sulfureuses connues actuellement appartiennent aux genres Planococcus, Beggiatoa, Thiothrix et Spirillum (voir bibl. 14).

G. Les *concrétions* de matières minérales de nature essentiellement calcaire ou dolomitique. Elles ont pu remplir des vides après le dépôt de la couche charbonneuse ou se substituer aussi à la matière organique suivant un processus encore indéterminé. Il se pourrait que la pyrite provenant de la réduction des sulfates de fer au contact de la matière organique ou par l'action de bactéries anaérobies et que l'on retrouve à plusieurs reprises en Valais au sein des schistes argileux et de l'anthracite soit due à un tel phénomène de substitution.

Chapitre II.
Les classifications des combustibles solides.

Il y a diverses manières de classifier les combustibles solides suivant le point de vue auquel on se place. Parmi les classifications connues, nous distinguerons :

I. La *classification naturelle*, basée sur le degré de carbonisation.

II. La *classification géologique*, basée sur les caractères pétrographiques des charbons.

III. La *classification industrielle*, basée soit sur les propriétés techniques du combustible (classification internationale), soit sur les teneurs en matières volatiles des charbons (classification chimique de *Grüner*).

I. *La classification naturelle.*

Elle est la plus générale, car elle étudie tous les dépôts végétaux à leurs différents stades de carbonisation. Elle comprend les termes suivants :

a) La *tourbe*, dépôt végétal actuellement en formation et qui représente le premier stade de la carbonisation.
Poids spécifique : 1.
Teneur en eau élevée (65 à 90 %).
Pouvoir calorifique : 3500 à 5000 cal., max. 5700 cal.
Teneur en cendres : 5 à 10 %.

b) Le *lignite*, dépôt végétal compact, incomplètement carbonisé, facilement délitable, se desquamant par dessication. La variété *brune* se délite facilement et se nomme pour cette raison lignite feuilleté (Schieferkohle). Elle est élastique au choc du marteau et montre encore de nombreux végétaux en bon état de conservation. La variété *noire* est plus compacte que la brune et sa cassure, conchoïdale et brillante (Braunkohle, sub-bituminous coal).
Poids spécifique : 1 à 1,3.
Teneur en eau variable : 15 % en moyenne, 45 % max.
Pouvoir calorifique : 3000 à 6000 cal., max. 7400 cal.
Teneur en cendres : 5 à 15 %.

c) La *houille*, dépôt végétal carbonisé où les éléments ne sont plus reconnaissables à l'œil nu. Sa structure est généralement zonée et sa cassure, irrégulière. Elle donne du coke mais il y a des variétés de houille qui n'en donnent pas.
Poids spécifique : 1,2 à 1,5.
Pouvoir calorifique : 6000 à 8000 cal., max. 9600 cal.
Teneur en cendres : bonnes qualités, 0,5 à 5 %.
mauvaises qualités, 20 à 40 %.

d) L'*anthracite*, dépôt végétal entièrement carbonisé, à cassure brillante et souvent conchoïdale, présentant les caractères extérieurs de la houille mais non ses caractères chimiques.
Poids spécifique : 1,3 à 1,7.
Pouvoir calorifique : 8000 à 8400 cal., max. 9200 cal.
Teneur en cendres : bonnes qualités, 3 à 7 %,
mauvaises qualités, 20 à 50 %.

Il existe en outre une gamme de combustibles intermédiaires soit entre le type lignite et le type houille comme, par exemple, le lignite gras, riche en matières cireuses ou le jais (Pechkohle), soit entre le type houille et le type anthracite comme, par exemple, les houilles maigres anthraciteuses. Il faut également noter l'existence de charbons spéciaux, dont nous avons déjà parlé, soit les cannel-coals et les bogheads ou torbanites. Le terme ultime de la carbonisation est, comme nous l'avons vu, le graphite.

II. *La classification géologique.*

Elle est basée sur l'étude macroscopique et microscopique des charbons proprement dits. Elle est donc plus restreinte que la première car elle limite son domaine aux houilles et aux anthracites. Elle permet de caractériser ces charbons d'après leur structure car, comme l'ont montré *Duparque*, *Legraye* et *Stopes*, l'analyse pétrographique des combustibles solides révèle que ceux-ci sont formés par des fragments d'organismes végétaux ou « corps figurés » noyés dans une pâte dénommée « substance fondamentale ». Les corps figurés comprennent tous les éléments énumérés, chap. I, § 3. Quant à la substance fondamentale, elle est une pâte homogène et brillante qui moule les corps figurés : elle est un produit de solidification provenant d'une gelée colloïdale déposée au fond de la lagune houillère durant le premier stade de la carbonisation. Pratiquement le géologue distingue quatre constituant macroscopiques principaux :

1. Le *vitrain*, formé presque uniquement de substance fondamentale où les corps figurés se trouvent à l'état plus ou moins dissous et transformés en pâte. Il se présente sous forme de zones étroites et lenticulaires de matière homogène et possède un éclat brillant et une cassure conchoïdale suivant les faces d'un cube (Vitrit des auteurs allemands, houille brillante de *Duparque*, anthraxylon des auteurs américains).

2. Le *clarain*, où la substance fondamentale est encore dominante mais renferme de nombreux corps figurés. Il se présente sous forme de zones étroites et légèrement stratifiées de matière non homogène et possède un éclat brillant (Clarit des auteurs allemands, houille semi-brillante de *Duparque*, attritus des auteurs américains).

3. Le *durain*, très riche en corps figurés, est formé par des lits bien stratifiés et d'épaisseur variable de matière mate qui peuvent alterner avec des lits de charbon brillant des types précédents. Le durain est dur et possède un éclat mat et une cassure grenue (Durit des auteurs allemands, houille mate de *Duparque*).

4. Le *fusain*, formé d'amas lenticulaires d'une matière noire, pulvérulente et fibreuse qui se désagrège facilement. Il résulte essentiellement de la carbonisation de tissus ligneux et sa teneur en matières volatiles est faible. Son aspect rappelle celui du charbon de bois. Il passe pour rare dans les Alpes mais nous semble exister à Ferden. Dans les charbons non alpins, c'est du fusain que dérivent les poussières utilisées industriellement sous le terme de poussiers (Fusit des auteurs allemands).

A l'aide de ces constituants macroscopiques, Legraye a donné une classification dans laquelle il distingue :

A. Les *charbons zonés*, que l'on qualifiera de mats ou de brillants suivant que les constituants prédominants seront mats ou brillants.

B. Les *gayets* ou charbons homogènes, formant tout ou partie de l'épaisseur d'une couche. A l'aide du microscope on distinguera alors les gayets d'algues ou bogheads, les gayets de spores ou cannel-coals et les gayets de débris formés d'éléments végétaux noyés dans une pâte brillante.

La classification géologique est donc avant tout pétrographique et ne paraît pas encore devoir être appliquée avec le même profit que la classification industrielle. Cependant, on entrevoit déjà certains rapprochements entre les classifications géologique et industrielle, notam-

ment dans le domaine de la cokéfaction où l'on montre par exemple que le fusain ne peut pas donner du coke alors que le vitrain servirait de liant dans la cokéfaction et favoriserait dans une large mesure cette opération.

III. *La classification industrielle.*

Elle est basée soit sur les propriétés techniques du combustible (classification internationale), soit sur les teneurs en matières volatiles des charbons (classification chimique de Grüner).

1. *La classification internationale*, bien que conventionnelle, répond aux nécessités industrielles. Elle résulte des enquêtes préliminaires faites par les spécialistes de la question au congrès géologique international du Canada en 1913 puis, de celles établies par la première conférence internationale des charbons bitumineux de Pittsburg en 1927.

En Europe, la classification suivante a été adoptée :

Classe A. *(Groupe des anthracites.)*

A1. (Type anthraciteux.)

Combustible brûlant avec une flamme courte et bleue.
Matières volatiles combustibles : 3 à 5 %.
$\frac{\text{C fixe}}{\text{Mat. vol}}$ = (fuel ratio) = 12 et davantage.
Pouvoir calorifique : 8000 à 8300 cal.

A2. (Type semi-anthraciteux.)

Combustible brûlant avec une flamme courte peu éclairante, donnant peu de fumée. Non cokéfiable.
Matières volatiles combustibles : 7 à 12 %.
Fuel ratio = 7 à 12.
Pouvoir calorifique 8330 à 8600 calories.

Classe B. *(Groupe des houilles.)*

B1. (Type maigre, anthraciteux.)

Combustible brûlant avec une flamme courte et éclairante. Difficilement cokéfiable.
Matières volatiles combustibles : 12 à 15 %.
Fuel ratio = 4 à 7.
Pouvoir calorifique : 8400 à 8900 cal.

B2. (Type maigre, semi-bitumineux.)

Combustible brûlant avec une flamme éclairante.
Assez cokéfiable.
Matières volatiles combustibles : 12 à 26 %.
Fuel ratio = 1,2 à 7.
Pouvoir calorifique : 7700 à 8800 cal.

B3. (Type gras, bitumineux.)

Combustible brûlant facilement avec une longue flamme.
Très cokéfiable. (Coke poreux et tendre.)
Matières volatiles combustibles : 35 % max.
Fuel ratio = 2,5 à 3,3.
Pouvoir calorifique : 6600 à 7800 calories.

Classe C. *(Groupe des houilles très grasses et des charbons intermédiaires.)*

Combustible brûlant avec une flamme longue et fumeuse.
Cokéfiable mais donnant un coke très poreux de moindre qualité.
Matières volatiles combustibles : 30 à 40 %.
Pouvoir calorifique : 6600 à 8800 calories.

Classe D. *(Groupe des lignites.)*

Combustible contenant plus de 6 % d'eau, se désagrégeant à l'air et à cassure souvent peu nette. Cette classe se subdivise en deux catégories :

a) combustible contenant plus de 20 % d'eau, à structure souvent fibreuse, de couleur brune à noire ;
pouvoir calorifique : 4000 à 6000 cal. ;

b) combustible contenant moins de 20 % d'eau, à cassure conchoïdale, de couleur noire lustrée à brune ;
pouvoir calorifique : 5500 à 7200 cal.

2. *La classification chimique de Grüner*, reposant sur les teneurs en matières volatiles, est la suivante :

Houille sèche à longue flamme ou flénu sec	40 à 45 %	mat. vol.
Houille grasse à gaz ou flénu gras	32 » 40 %	»
» grasse maréchale	26 » 32 %	»
» grasse à coke	18 » 26 %	»
» maigre	10 » 18 %	»
» maigre anthraciteuse	8 » 10 %	»

En résumé, nous avons mis au point dans ces deux premiers chapitres, un ensemble de notions relatives aux combustibles solides en général, ce qui nous permettra d'aborder, en connaissance de cause, la question si actuelle de nos charbons indigènes.

Chapitre III. Les combustibles suisses.

§ 1. *Un nouveau mode de représentation graphique.*

Pour pouvoir mieux comparer nos combustibles indigènes à ceux de l'étranger, l'un de nous (voir bibl. 9) a introduit une nouvelle notation graphique (voir fig. 1). Elle est basée sur un triangle fondamental dont les trois paramètres bissecteurs représentent à une échelle convenue, le premier, le pouvoir calorifique du combustible en cal./kg, le second, le pourcentage en matières volatiles et le troisième, le pourcentage en cendres.

Les résultats de l'analyse chimique dont on se sert pour établir ces graphiques sont ceux obtenus à partir d'un échantillon de combustible préalablement séché à l'air. Quant à la teneur en eau donnée également en pour-cent de l'analyse élémentaire à l'air sec, on l'ajoute linéairement, si cela est nécessaire, aux valeurs correspondantes des matières volatiles. En reliant les trois points reportés sur les paramètres, on obtient un triangle-type permettant de caractériser rapidement le combus-

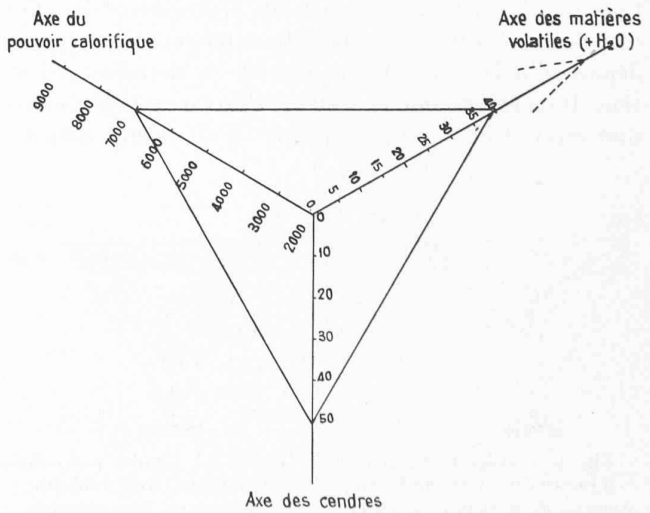


Fig. 1. — Triangle fondamental avec ses paramètres.

tible en question et de le comparer objectivement à d'autres combustibles parents ou éloignés. C'est pourquoi nous définirons chacun des principaux combustibles suisses par son triangle-type et nous reporterons généralement sur les paramètres du triangle fondamental le maximum et le minimum observés concernant les trois valeurs caractéristiques du combustible. On obtiendra de la sorte des graphiques encore plus parlants. Ceux-ci ont tous été obtenus à partir des résultats d'analyses effectuées par le professeur *Schläpfer* de l'Ecole polytechnique fédérale (voir bibl. 6). Ajoutons enfin que la somme des pourcentages en cendres, matières volatiles et eau, donnés par l'analyse chimique et reportés graphiquement sur le triangle fondamental, permet de déduire sans autre le pourcentage en carbone fixe du combustible.

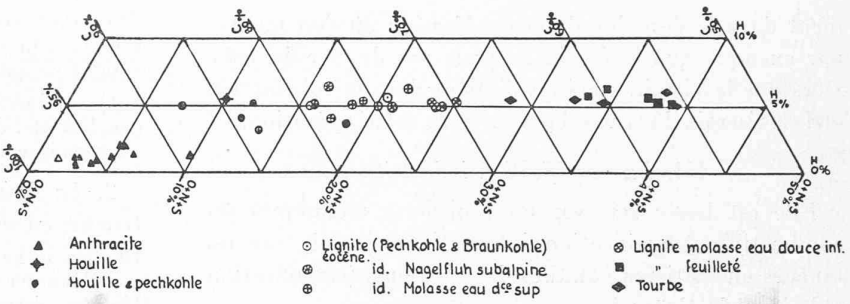


Fig. 2. — Tableau synoptique des charbons suisses d'après *C. Schmidt* (voir bibl. 10).

§ 2. *Les principaux types de combustibles.*

D'après le tableau synoptique des charbons suisses dressé par *C. Schmidt* (voir fig. 2), on peut se rendre compte que toute la gamme des combustibles, comprise entre la tourbe et l'anthracite, est représentée en Suisse. Rares sont malheureusement les types indigènes qui présentent au même degré les qualités techniques des charbons étrangers. Nous verrons que seuls deux types suisses peuvent s'apparenter quelquefois à leurs équivalents étrangers.

Passons maintenant en revue les principaux types suisses :

1. *La tourbe.* Sa composition est très semblable à celle des tourbes étrangères et les gisements sont nombreux dans le Jura et sur le Plateau mais plus rares dans les Alpes.

2. *Le lignite feuilleté.* C'est un combustible imparfaitement carbonisé que l'on rencontre à la base des formations interglaciaires du Plateau suisse. Les gisements de lignite feuilleté ont une extension limitée comme les tourbières actuelles. Ces gisements représentent en effet d'anciennes tourbières recouvertes ultérieurement par des dépôts alluviaux et morainiques de la dernière glaciation. Il en résulte que les affleurements de tels gisements sont rares et que leur prospection en est rendue difficile.

Le triangle-type d'un tel combustible est représenté à la figure 3. L'examen du triangle montre que nous avons affaire à un combustible très riche en matières volatiles, ayant un pouvoir calorifique variable, faible à moyen, et une teneur en cendres relativement peu élevée.

3. *Le lignite proprement dit* est un combustible déjà plus évolué que le précédent. On le rencontre principalement sur le Plateau suisse, en bordure des Alpes, et moins fréquemment dans les Alpes. Les lignites suisses sont d'âge tertiaire, ce qui explique en partie leur état de carbonisation plus avancé que celui des lignites feuilletés quaternaires.

On distingue deux groupes principaux de lignites :

a) les lignites *molassiques* d'âge miocène répartis en Suisse alémanique, et ceux d'âge oligocène répartis surtout en Suisse romande ;

b) les lignites *alpins* d'âge éocène répartis dans la chaîne des Alpes calcaires, tant en Suisse romande qu'en Suisse alémanique.

Les triangles-types de ces différents combustibles sont représentés aux figures 4, 5 et 6. Le charbon *miocène* est riche en matières volatiles, présente une teneur en cendres variable, faible à assez forte, et possède un pouvoir calorifique également variable, moyen à assez élevé. Le charbon *oligocène* se distingue du charbon miocène par une teneur en matières volatiles encore plus élevée et une teneur en cendres généralement plus faible. Le pouvoir calorifique est légèrement supérieur à celui de l'équivalent miocène. Quant au charbon *éocène* alpin, sa teneur en matières volatiles est plutôt basse, celle en cendre, plutôt élevée et son pouvoir calorifique, assez élevé. Comme on peut s'en rendre compte (fig. 6), les propriétés du charbon éocène alpin sont moins variables et plus

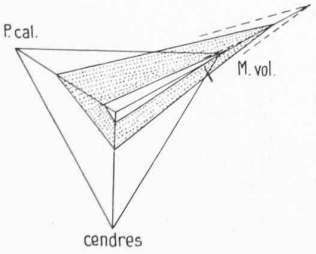


Fig. 3. — Lignite feuilleté quaternaire (voir bibl. 6).
Analyses de Mörschwyl, Wildhaus, Gondiswyl, etc.

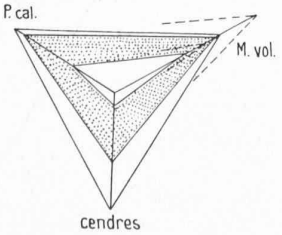


Fig. 4. — Lignite molassique miocène (voir bibl. 6).
Analyses de Schaugentobel, Kollbrunn, Käpfnach, etc.

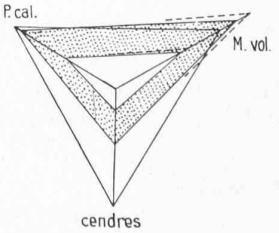


Fig. 5. — Lignite molassique oligocène (voir bibl. 6).
Analyses de Paudex et Oron.

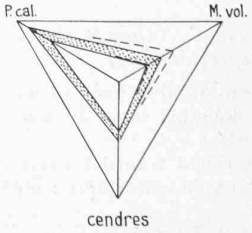


Fig. 6. — Lignite alpin éocène (voir bibl. 6).
Analyses du Niederhorn, Kandergrund et des Diablerets.

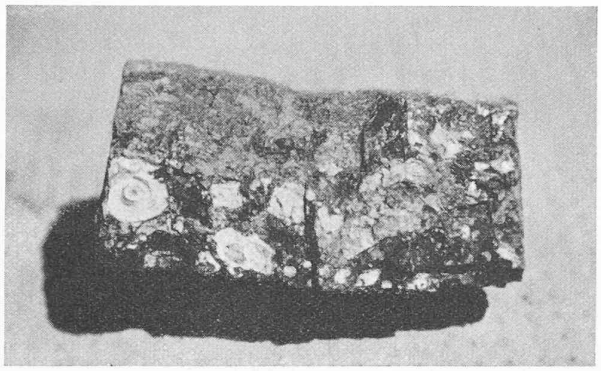


Fig. 10. — Lignite oligocène (Palézieux).
Echantillon Prof. L.-W. Collet. — Photo A. L.
Echelle 1/2.
Plan de stratification montrant les fossiles d'eau douce (Planorbes).

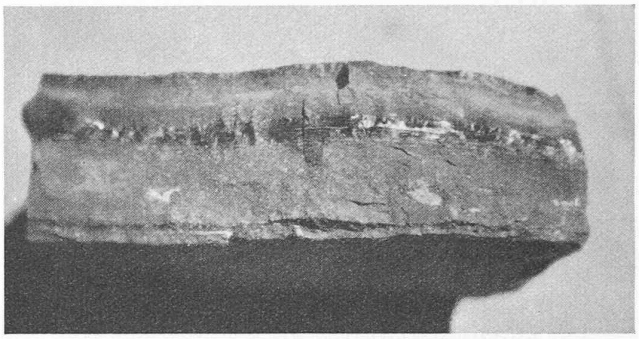


Fig. 11. — Lignite oligocène (Palézieux).
Echantillon Prof. L.-W. Collet. — Photo A. L.
Echelle 1/2.
Filonnet intercalé dans des calcaires d'eau douce.

constantes que celles des charbons molassiques. Un caractère défavorable et général de tous ces charbons tertiaires tant molassiques qu'alpins est leur teneur en soufre qui peut atteindre 15 % au maximum. Une comparaison entre la figure 6 d'une part et les figures 4 et 5 d'autre part fait ressortir clairement combien la teneur en matières volatiles du charbon alpin est plus faible que celle des charbons molassiques : ce fait peut s'expliquer par une carbonisation plus poussée du charbon alpin comparée à celle de son équivalent extra-alpin. Comme nous l'avons vu précédemment, la carbonisation peut en effet être accélérée par l'action des facteurs pression et température durant les phénomènes d'orogenèse.

A titre comparatif, nous donnons (fig. 7, 8 et 9) trois triangles-types de houilles étrangères très grasses et grasses à teneur en cendres élevée, et maigres à très faible teneur en cendres. L'on doit constater un air de parenté entre nos lignites suisses et ces types étrangers. Nous avons déjà insisté sur le fait qu'il y avait entre le lignite-type et la houille-type une série d'intermédiaires, tels que le groupe des lignites gras et des jais ou Pechkohle. En se basant sur la teneur en eau de nos lignites et en tenant compte de leurs facteurs fondamentaux, l'on pourrait rattacher nos lignites miocènes renfermant de 7 à 17 % d'eau au groupe des lignites gras, nos lignites oligocènes renfermant de 1 à 5 % d'eau, au groupe des jais ou Pechkohlen et nos lignites éocènes, au groupe des houilles maigres. Les lignites suisses seraient, selon nous, des termes de passage entre les lignites véritables et les houilles. Les figures 10 et 11 montrent enfin l'aspect des lignites oligocènes vus suivant un plan de stratification et normalement à ce plan.

4. *La houille* est connue dans les Préalpes et plus spécialement dans le Jurassique moyen (Dogger) de la nappe des Préalpes médianes. L'exploitation la plus connue est celle de Boltigen dans le Simmenthal et, d'après *Kündig* et *de Quervain* (voir bibl. 6), ce charbon peut être considéré comme le meilleur que nous ayons en Suisse.

Le triangle-type, figure 12, qui caractérise ce combustible, montre en effet que sa teneur en matières volatiles peut être élevée de même que son pouvoir calorifique. La teneur en cendres est variable, faible à assez forte. Malheureusement la teneur en soufre de ces charbons est souvent assez élevée (2 à 10 %). Le triangle-type de cette houille indigène est comparable à celui d'une houille étrangère grasse à teneur en cendres relativement élevée (fig. 8).

5. *L'anthracite* est le combustible suisse le plus courant et le plus abondant. C'est lui qui fournit la majeure partie de notre production indigène. Les gisements connus, relativement nombreux et importants, sont localisés dans le canton du Valais au centre de la chaîne alpine. Ils ont déjà fait l'objet d'études très poussées de la part du corps des géologues rattachés au Bureau des Mines,

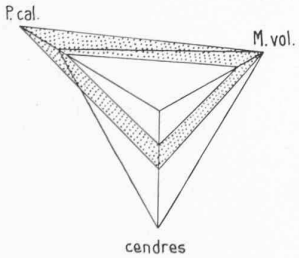


Fig. 7. — Houille très grasse à cendres, classe C (voir bibl. 7).
Valeurs limites : cendres : 15-20 %
matières volatiles : 30-40 %
pouvoir calorifique : 6600-8800.

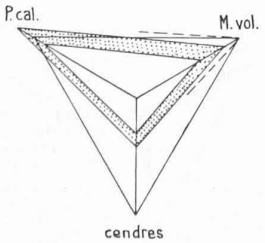


Fig. 8. — Houille grasse à cendres, classe B3 (voir bibl. 7).
Valeurs limites : cendres : 15-20 %
matières volatiles : 25-35 %
humidité : 6 %
pouvoir calorifique : 6600-7800.

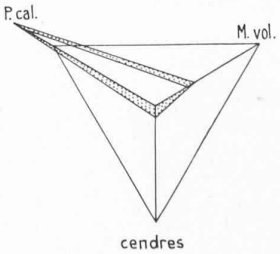


Fig. 9. — Houille maigre anthraciteuse, classe B1 (voir bibl. 7).
Valeurs limites :
cendres (non prescrites)
matières volatiles : 12-15 %
pouvoir calorifique : 8400-8900.

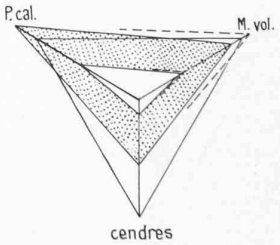


Fig. 12. — Houille préalpine jurassique (voir bibl. 6).
Analyses de Boltigen, Warthaus et du Rocher des Rayes.

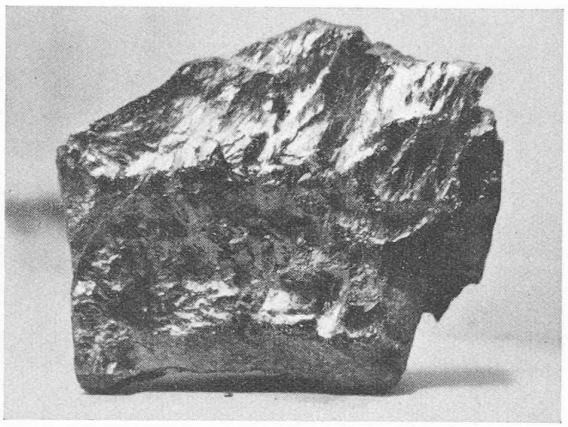


Fig. 20. — Collongite typique.
(Collonges, cheminée de la galerie 7.)
Echantillon ing. Vogelsang. — Photo A. L.
Echelle 2/3.

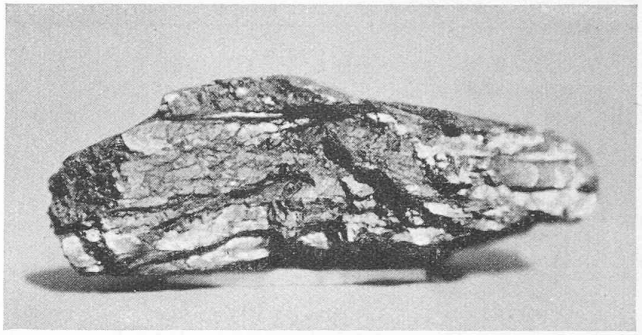


Fig. 21. — Collongite schisteuse.
(Dorénaz, filon latéral galerie 3.)
Echantillon ing. Gay. — Photo A. L.
Echelle 1/2.

durant la dernière guerre (voir bibl. 1 et 13). L'étude du mode de gisement de l'anthracite valaisan est passionnante car elle est difficile et pose souvent des problèmes de prospection assez ardus à résoudre. La remise en exploitation de tous ces charbonnages dès le début de la guerre actuelle contribuera certainement à accroître la somme de nos connaissances et à préciser dans ses détails la mise en place de ces gisements : nous en parlerons au paragraphe suivant.

Pour l'instant, nous allons définir à l'aide de nos graphiques les différents types d'anthracite que l'on peut trouver.

Il convient d'abord de distinguer, au sein du carbonifère alpin, deux zones distinctes :

a) la *zone externe hercynienne*, formée par des synclinaux redressés de grès, conglomérats et schistes carbonifères où l'anthracite se trouve interstratifié dans ces couches ;

b) la *zone interne pennique* où l'anthracite forme des filons isoclinaux ou replissés, injectés au sein des schistes, grès et conglomérats carbonifères.

A la zone externe appartiennent les mines de Dorénaz, Collonges, Salvan, Vernayaz et Ferden, à la zone interne, une vingtaine de mines échelonnées entre le col du Grand-Saint-Bernard et la vallée de Viège, sur 45 km de longueur et 4 à 8 km de largeur, et dont les principales sont Grône, Bramois et Chandoline. Leurs emplacements sont figurés dans deux publications auxquelles nous renvoyons le lecteur (voir bibl. 3 et 6).

Les caractères de l'anthracite alpin valaisan sont très variables et diffèrent d'une mine à l'autre et d'un filon à un autre. Tous ces anthracites ont cependant un caractère commun assez général : une très faible teneur en matières volatiles et une grande variation dans la teneur en cendres.

Sur la base des nombreuses analyses chimiques dont nous disposons actuellement, nous pouvons, à l'aide de nos graphiques, distinguer les types suivants :

1. L'anthracite valaisan *à basse teneur en cendres* (fig. 13).

2. L'anthracite valaisan *à haute teneur en cendres* (fig. 14).

Ces deux types se rencontrent aussi bien dans la zone interne que dans la zone externe et peuvent être considérés comme très représentatifs de l'anthracite alpin, type valaisan (teneur en cendres : 25 à 50 % ; matières volatiles : 2 à 5 % ; H^2O : 1 à 9 % ; pouvoir calorifique : 4300 à 6000 calories).

Poursuivant notre classification, nous pouvons noter d'autres variétés d'anthracites valaisans dont les caractères sont sensiblement différents et dénotent des tendances aberrantes. Ce sont :

3. L'anthracite *calorifique* (fig. 15), dont le pouvoir calorifique dépasse 6000 calories.

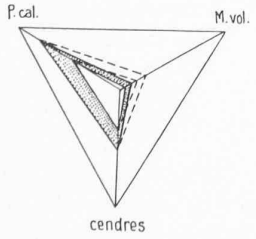


Fig. 13. — Anthracite carbonifère valaisan, type 1 (voir bibl. 1).

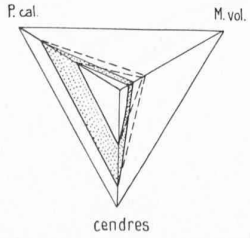


Fig. 14. — Anthracite carbonifère valaisan, type 2 (voir bibl. 1).

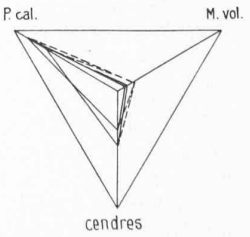


Fig. 15. — Anthracite carbonifère valaisan calorifique, type 3 (voir bibl. 1).
Mine des Etablons, analyse 34, et mine de Grône-Ettrey, analyse 86.

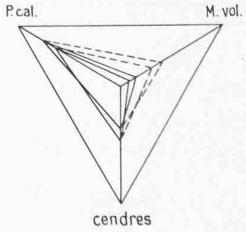


Fig. 16. — Anthracite carbonifère valaisan humide, type 4 (voir bibl. 1).
Mine du Mauvais-Four, analyse 58, et mine de Salins, analyse 71.

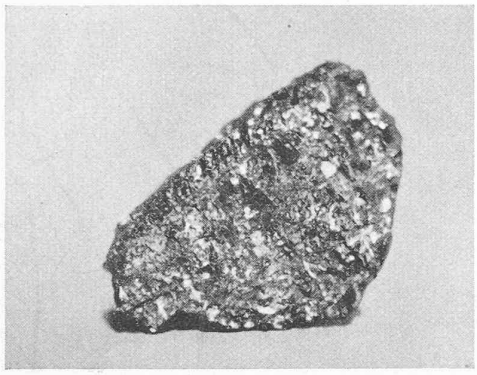


Fig. 22. — Collongite diaclasée.
(Dorénaz, filon latéral galerie 3.)
Echantillon ing. Gay. — Photo A. L.
Echelle 1/2.

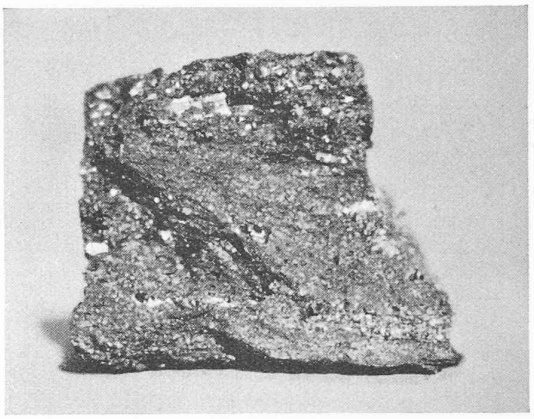


Fig. 23. — Sédunite.
(Chandoline, descenderie 7. 2*d*, secteur Cerisier 1, filon Liège.)
Echelle 1/2. — Photo A. L.

4. L'anthracite *humide* (fig. 16), dont la teneur en eau reste élevée malgré le séchage à l'air sec à 110°.

5. L'anthracite *cinérique* (fig. 17), dont la teneur en cendres dépasse 50 %.

Il existe enfin une variété d'anthracite très spéciale que l'on rencontre surtout à la mine de Collonges et qui est :

6. *L'anthracite calorifique et à matières volatiles* (fig. 18), dont le pouvoir calorifique dépasse 6000 calories, la teneur en matières volatiles, 5 % et dont le pourcentage en cendres est infime.

Si nous comparons maintenant cette variété d'anthracite valaisan au type étranger (voir fig. 19), nous constatons que la première se rapproche très sensiblement du deuxième. On peut donc émettre l'avis, en examinant les triangles-types de ces deux combustibles, que l'anthracite de la mine de Collonges, ou tout au moins ce type spécial, doit être considéré comme le meilleur que nous ayons en Suisse. Au chap. I, § 1, nous disions que certains secteurs de la zone externe du Valais avaient dû présenter des conditions d'accumulation assez semblables à celles des bassins carbonifères étrangers : l'existence de la « Collongite », pour désigner d'un nom local cet anthracite spécial, corroborerait l'hypothèse que nous avions formulée tout au début. On peut en effet concevoir que des conditions d'accumulation semblables produisent des combustibles comparables et très voisins. Il ressort enfin de tous ces graphiques que la teneur en cendres influe énormément sur le pouvoir calorifique du combustible.

En se basant maintenant sur l'aspect extérieur des anthracites valaisans, l'un de nous (voir bibl. 9) a pu définir, à la suite des études de Schmidt et en les simplifiant, trois variétés-types, dont l'une caractérise précisément l'anthracite de Collonges. Ce sont :

a) variété *massive*, typique (fig. 20), schisteuse (fig. 21) ou diaclasée (fig. 22), dénommée « Collongite » ;

b) variété *brèchique*, dénommée « Sédunite » (fig. 23 et 24) ;

c) variété *microbrèchique*, dénommée « Mayenite » fig. 25). Cette dernière dérive de la variété brèchique et pourrait passer latéralement à certains schistes argileux imprégnés de matière charbonneuse.

La Sédunite et la Mayenite se trouvent dans tous les gisements valaisans alors que la Collongite est strictement localisée dans les gisements de la zone externe.

3. *Aperçu sur la tectonique des gisements.*

Notre propos n'est pas ici d'exposer en détail les traits caractéristiques de la tectonique des gisements suisses et plus spécialement ceux des gisements penniques que nous connaissons particulièrement bien. Une telle étude nous mènerait beaucoup trop loin et dépasserait le cadre du présent article. Nous nous bornerons à dire à ce sujet le strict nécessaire de manière que le lecteur puisse

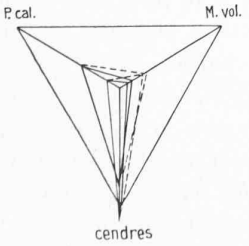


Fig. 17. — Anthracite carbonifère valaisan cinérique, type 5 (voir bibl. 1).
Mine de Champdonne, analyse 25, et mine du Châble, analyse 33.

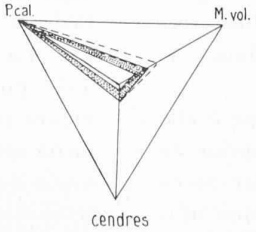


Fig. 18. — Anthracite carbonifère valaisan, calorifique et à matières volatiles, type 6 : Collongite (voir bibl. 1).
Mine de Collonges, analyses 8 et 12.

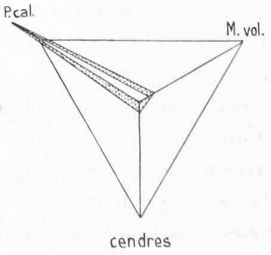


Fig. 19. — Anthracite, classe A1 (voir bibl. 7).
Valeurs limites :
cendres (non prescrites)
matières volatiles : 3-5 %
pouvoir calorifique : 8300.

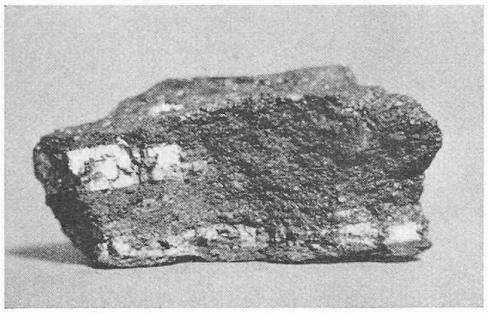


Fig. 24. — Sédunite avec lits de pyrite brillante.
(Chandoline, galerie AL. 4, secteur Cerisier 1, filon Liège.)
Echantillon ing. Vogelsang. — Photo A. L.
Echelle 1/2.

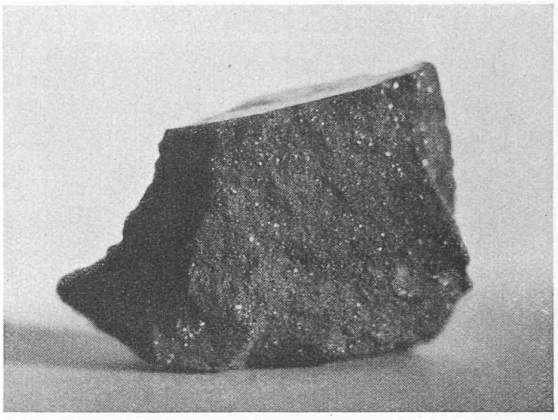


Fig. 25. — Mayenite.
(Chandoline, galerie 3*b*. 1.)
Echelle 2/3.
Photo A. L.

se faire une idée générale sur les conditions géologiques d'exploitation. Nous nous étendrons très peu sur les gisements de lignite, de houille et d'anthracite hercynien, car nous ne les avons pas étudiés dans le détail. Par contre, nous porterons principalement notre attention sur les gisements d'anthracite pennique où nous avons eu l'occasion de faire de nombreuses observations.

Passons en revue les divers gisements : les conditions d'exploitation des *lignites feuilletés* rappellent en général celles des tourbières et des grands gisements allemands car leur exploitation peut se faire à ciel ouvert. Il existe par contre un gisement de lignite feuilleté qui exige une exploitation souterraine, la couverture morainique étant trop épaisse pour qu'elle puisse être enlevée économiquement.

Les *lignites molassiques* donnent naissance à des filons d'une épaisseur relativement faible mais assez étendus. La structure tectonique des gisements est nettement isoclinale, généralement peu inclinée et la continuité des filons n'est interrompue que par des failles, des décrochements ou encore par suite de l'extinction naturelle du filon au sein des roches encaissantes. On peut considérer ces gisements comme étant parmi les plus réguliers que l'on puisse trouver en Suisse.

Les *lignites alpins* constituent déjà des gisements plus tourmentés dont l'architecture dérive essentiellement des replis et écailles affectant le toit et le mur des filons.

Quant aux *houilles préalpines*, les gisements auxquels elles donnent naissance sont déterminés par l'allure tectonique des calcaires encaissants qui peuvent, dans certains cas, être très redressés ou replissés.

La tectonique de l'*anthracite valaisan* constitue à elle seule un domaine aussi vaste que varié. A l'exception de la zone externe renfermant les anthracites hercyniens inclus dans des synclinaux carbonifères à structure uniformément isoclinale et redressée, la zone interne pennique présente, à tous les degrés, les modes de gisements les plus variés et les plus compliqués. Ces gisements peuvent être réguliers et isoclinaux ou irréguliers et replissés : ils pourront être à la fois réguliers et irréguliers et l'unité même du gisement, le filon, pourra présenter à une échelle plus réduite les mêmes caractères tectoniques généraux que l'ensemble du gisement. Que ce dernier soit régulier ou irrégulier, isoclinal ou replissé, la mise en place de l'anthracite est due à un phénomène de *migration tectonique* au sein des roches stériles. Cette migration de l'anthracite pennique est un des traits caractéristiques de la zone interne alpine. Elle paraît avoir aussi affecté la zone externe hercynienne mais à un degré incomparablement plus faible et seulement dans des zones localisées, favorables à la mise en mouvement du charbon. On constatera d'ailleurs dans toute région plissée ou tectoniquement mouvementée la manifestation d'un tel phénomène ou du moins une tendance marquée à cette manifestation. Ce phénomène de la migration du combustible peut même se constater en petit dans nos gisements de lignites molassiques quand les conditions géologiques s'y prêtent. Nos prédécesseurs, Alb. Heim, C. Schmidt l'ont d'ailleurs bien reconnu et ont expliqué ainsi la formation des « poches » de charbon que l'on rencontre surtout dans la zone interne du Valais.

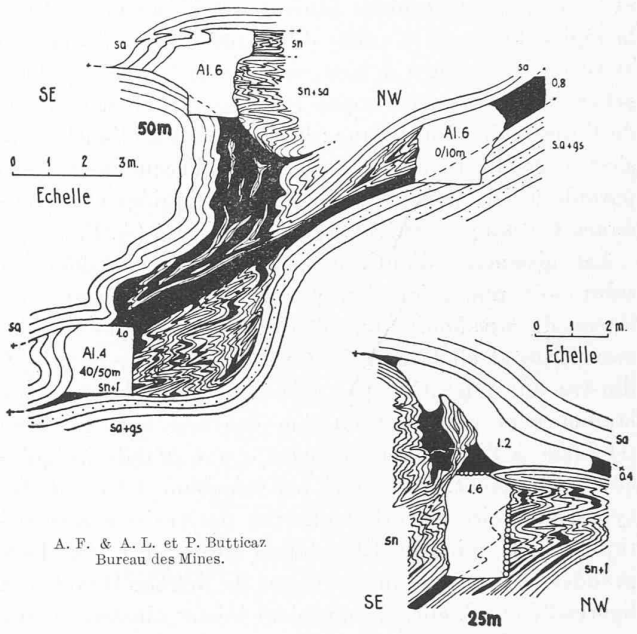
Ces poches de charbon ont quelquefois plusieurs mètres de hauteur. Elles peuvent être formées par la réunion dans un angle mort de plusieurs filons, soit à l'arrière d'un obstacle, soit sur le front d'un lambeau chevauchant dont l'élan a été brisé. Elles peuvent également prendre naissance au sein même d'un filon à la faveur d'un obstacle tectonique important affectant son mur ou son toit. La migration du charbon sera d'autant plus marquée que les plissements tectoniques et les efforts orogèniques se seront exercés plus activement et plus longuement sur un ensemble carbonifère donné. L'effet mécanique de cette migration sera d'appauvrir certains secteurs d'une mine et d'en enrichir d'autres et il se fera aussi sentir à une plus grande échelle dans la répartition même des gisements au sein du complexe carbonifère. Cette migration pourra s'effectuer soit *par refoulement frontal* suivant les lignes de flux de la poussée alpine,

soit aussi *par refoulement latéral* suivant la disposition tectonique et même stratigraphique d'éléments rigides, passifs ou actifs : on pourrait ainsi expliquer la localisation des principaux gisements penniques (A. L.).

Comme on le voit aux figures 26, 27 et 28, cette migration du charbon peut être violente et capricieuse et, comme nous le disions précédemment, elle peut favoriser une élévation de la teneur en cendres du combustible. Nous avons rencontré des cas où la formation d'une poche était accompagnée d'un accroissement de la teneur en cendres et d'autres où, au contraire, l'afflux du charbon semblait s'être produit d'une manière sélective, les impuretés entraînées ayant été filtrées lors de l'accumulation et de la mise en place du charbon. Il n'y a donc pas de règles bien précises mais le fait semble établi que la haute teneur en cendres de ces anthracites peut être attribuée non seulement à des raisons de sédimentation (voir chap. I, § 1), mais aussi à des raisons tectoniques. Si maintenant nous étudions le style tectonique des gisements de la zone interne pennique, nous constaterons que ceux compris entre le col du Grand-Saint-Bernard et la vallée du Rhône ont une tendance marquée à l'isoclinalité et à une certaine régularité. Les gisements de la vallée du Rhône entre Chandoline et Grône sont par contre beaucoup plus irréguliers et replissés quoi qu'ils conservent dans leurs grandes lignes une certaine tendance à l'isoclinalité.

Ces faits doivent, à notre avis, être mis en relation avec la tectonique générale des Alpes pennines : nos gisements d'anthracite de la zone interne appartiennent en effet à la couverture sédimentaire de la nappe du Grand-Saint-Bernard qui, telle une immense vague pétrifiée, est venue déferler sur l'avant-pays hercynien. Dans la région comprise entre le col du Grand-Saint-Bernard et la vallée du Rhône, la vague n'a pas pu déferler, car il y avait l'obstacle du massif du Mont-Blanc : la migration de l'anthracite s'est alors effectuée suivant un mode d'écoulement comparable à l'écoulement laminaire des liquides

Fig. 27.



A. F. & A. L. et P. Butticaz
Bureau des Mines.

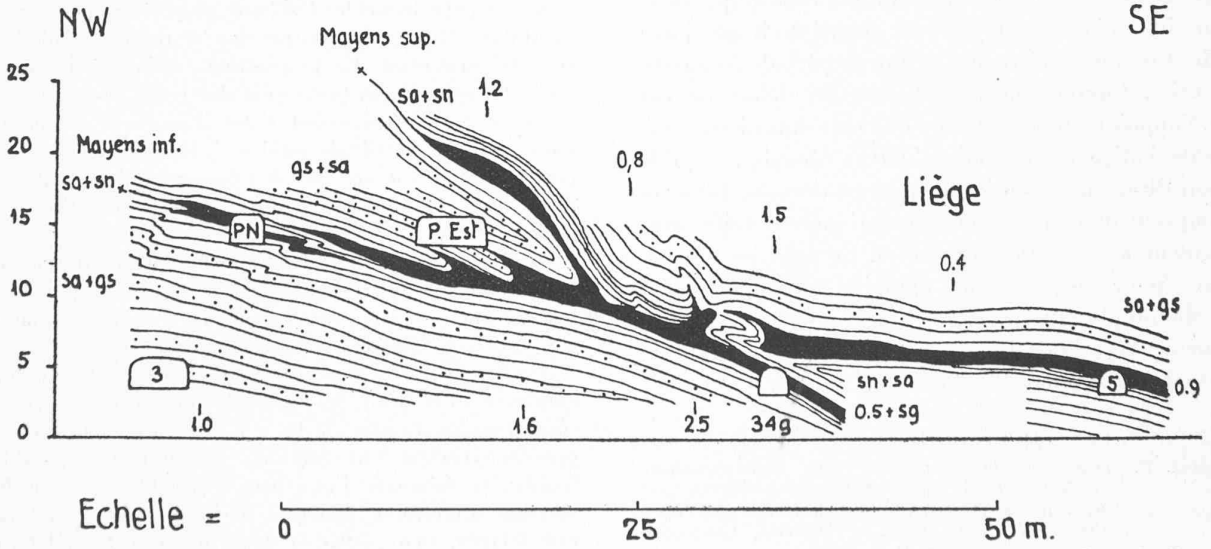
Fig. 28.

Fig. 27 et 28. — Coupes géologiques détaillées du filon Liège (Chandoline).

Ces deux exemples caractérisent une migration du type turbulent et l'enrichissement tectonique en cendres d'un filon (injection de schistes argileux noirs, s. n.).

La formation d'une poche (fig. 27) est due à la disharmonie des replis anticlinaux et synclinaux principaux, affectant le toit du filon : cette disharmonie est le signe manifeste de la turbulence des mouvements tectoniques dans l'angle mort desquels s'accumule l'anthracite.

La figure 28 montre la formation de plusieurs poches à partir d'un même filon et l'injection de lentilles d'anthracite (l.) au sein des s. n.



A. F. & A. L. et P. Butticaz, Bureau des Mines.

Fig. 26. — Coupe géologique partielle à travers la mine de Chandoline.

Le filon Mayens repose sur une masse isoclinale de schistes ardoisiers (s. a.) et de grès schisteux (g. s.). Il est subdivisé en une branche supérieure et une inférieure par un groupe de trois synclinaux entre lesquels il s'est embouti.

L'impulsion fut donnée par la masse de s. a. et de g. s. susjacente : elle a non seulement comprimé Mayens mais entraîné Liège en étirant ce dernier jusqu'à le réunir presque à Mayens. Ces filons sont généralement parallèles l'un à l'autre et distincts.

Cet exemple illustre une migration par refoulement frontal du type mixte, laminaire et turbulent.

et la tendance tectonique générale est l'isoclinalité. Dans la région basse de la vallée du Rhône, entre Chandoline et Grône, la vague a déferlé vers l'extérieur grâce à l'ensellement tectonique compris entre les massifs hercyniens de l'Aar et du Mont-Blanc : la migration de l'anthracite s'est alors effectuée suivant un mode d'écoulement comparable à l'écoulement turbulent des liquides et la tendance tectonique générale est l'irrégularité (A. F.).

Les gisements d'anthracites penniques ont donc pu subir soit une migration par refoulement frontal ou latéral du *type laminaire*, soit une migration par refoulement frontal ou latéral du *type turbulent*. La figure 26 illustre une migration par refoulement frontal du type laminaire et turbulent où l'on constate à la fois une tendance à l'isoclinalité associée à une grande irrégularité de gisement. Migrations par refoulement frontal, des types laminaire et turbulent, sont des traits caractéristiques de la mine de Chandoline située entre les deux grandes régions que nous venons de définir. Quant aux figures 27 et 28, elles ne sauraient mieux illustrer ce que nous entendons par migration du type turbulent.

Conclusion.

Cette revue générale des combustibles solides suisses et étrangers permet d'apprécier objectivement les caractères techniques et la nature de nos combustibles indigènes par comparaison avec leurs équivalents étrangers. Elle fait bien ressortir le faciès « alpin » des charbons suisses déjà signalé par Schmidt (voir bibl. 10), soit : l'étendue limitée dans l'espace et le temps des subsidences, l'irrégularité des conditions de sédimentation, la haute teneur en cendres, la carbonisation poussée des lignites et des anthracites ainsi que le morcellement, voire même le laminage tectonique des gisements.

Quoique nos combustibles suisses ne puissent en aucune manière rivaliser avec ceux de l'étranger tant au point de vue qualité qu'au point de vue quantité, il est juste cependant de reconnaître leur utilité en période de guerre et de crise. Comme nous le disions au début de cet article, l'appoint supplémentaire que nous fournissent nos gisements indigènes, la main-d'œuvre abondante qu'ils occupent directement ou indirectement sont des facteurs qui comptent dans une économie nationale réduite temporairement à ses seules ressources. Ce sont les raisons majeures pour lesquelles on exploite actuellement en Suisse de nombreux gisements de combustible quand bien même la rentabilité de ces gisements ne saurait être assurée de manière satisfaisante.

BIBLIOGRAPHIE

1. Christ. P. *Das produktive Karbon der Schweizeralpen* II. Teil. *Die Walliser Anthrazitlagerstätten und der Walliser Anthrazitbergbau während der Jahre 1917-1924.* Beitr. Geol. d. schweiz. Geotechn. Serie XI. Lieferung, Bern 1925.
2. Duparque, A. *La nomenclature des constituants macroscopiques des charbons.* Ann. Soc. géol. du Nord. T. LII, 1927.
3. Fehlmann, H. *Gegenwärtige und zukünftige Aufgaben des schweizerischen Bergbaues.* Schw. Bauzeitung, Bd. 121, Nr. 10. 6 mars 1943, p. 113, Zürich 1943.
4. Heim, Albert. *Geologie der Schweiz.* Bd. I u. II, Leipzig, Tauchnitz 1919.
5. Jurasky, K.-A. *Kohle-Verständliche Wissenschaft,* Nr. 45, Springer, Berlin 1940.
6. Kündig, E. et de Quervain, F. *Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz.* Geotechn. Kommission der S. N. G., Bern 1941.
7. Legraye, *E. Les constituants des charbons.* 1 vol., Liège 1932,
8. Letsch, E. et Ritter, E. *Die schweizerischen Molassekohlen.* III. Beitr. z. Geol. d. Schweiz. 12. Lieferung. Bern 1925.
9. Lombard, Augustin. *Une notation graphique des charbons et ses applications.* A paraître Actes Soc. Helv. Sc. Nat., Schaffhouse 1943.
10. Schmidt, C. *Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse au 1 : 500 000.* Mat. carte géol. Suisse, Bâle 1920.
11. Stach, E. *Lehrbuch der Kohlenpetrographie,* Borntræger, Berlin 1935.
12. Twenhofel, W. *Treatise of Sedimentation,* Baltimore U.S.A. 1926.
13. Wehrli, L. *Das Produktive Karbon der Schweizeralpen.* I. Teil. *Uebersicht und Geschichte des Bergbaues bis Mitte 1917 mit besonderer Berücksichtigung der Anthrazite des Wallis.* Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie XI. Lieferung. Bern 1925.
14. Chodat, R. *Principes de botanique.* Baillière et Atar, Paris et Genève 1920.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Procès-verbal de l'Assemblée des délégués du 11 septembre 1943 à 9 h. 30 à l'Hôtel-de-Ville, Salle du Grand-Conseil, à Genève.

(Suite et fin).[1]

6. Protection des titres. *(suite et fin).*

M. F. Bolens, ingénieur, fait part du point de vue de la section de Genève. Celle-ci a créé en 1940 une commission spéciale pour l'étude de la protection des titres et a élaboré un projet de loi, sur lequel le Conseil d'Etat a déjà pris position. Il existe depuis fin 1942 une proposition pour une réglementation légale, proposition qui a recueilli l'adhésion de tous les intéressés. La proposition tendant à instituer une trêve au sujet de la protection des titres vient au moment précis où l'action genevoise a des chances de réussir. Cependant pour des motifs de solidarité, la section de Genève est prête à donner son accord à la proposition du Comité central, étant bien entendu que la durée de la convention resterait limitée.

M. Neeser, président : Le Comité central sait que la section de Genève est présentement fort surprise de cette nouvelle situation ; il apprécie pleinement son geste, par lequel elle adhère néanmoins à la trêve envisagée.

M. K. Schneider, ingénieur : La section de Berne voudrait exprimer ici le désir que, malgré la trêve prévue, on poursuive l'action au sein de la S. I. A., mais en la dirigeant si possible vers un but commun. Il serait indispensable de fournir les éléments d'une base d'ensemble en vue des démarches ultérieures. L'action de la S. I. A. ne devrait pas être freinée, mais orientée dans une direction déterminée. La section de Berne désire que l'on précise, au moyen de lignes directrices bien établies, de quelle manière on pourra hâter et réaliser les travaux de la protection des titres.

[1] Voir *Bulletin technique* du 13 novembre 1938, p. 304.