

LA HOUILLE BLANCHE

REVUE GÉNÉRALE DES EMPLOIS COORDONNÉS

DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE ET DE LA HOUILLE NOIRE

NOUVELLE SÉRIE. — VINGTIÈME ANNÉE
N° 169. — Mars-Avril 1921

SOMMAIRE N° 169

C'est la coordination des emplois de nos Forces hydrauliques et de noire Charbon qui rendra son indépendance à l'Industrie française.

La Géologie et l'Aménagement hydroélectrique des Chutes d'eau (W. KILIAN). — L'Aménagement du Rhône (*suite*) Projet RATEAU. — Construction et Applications de Dispositifs de Barrages automatiques (E. FROITÉ, Ingénieur). — L'Usure des Turbines hydrauliques (*suite*) Henri DUFOUR, Ingénieur. — Calcul du Moment d'Inertie à donner aux volants des turbines hydrauliques (P. CAYÈRE). — Sur l'Étude des Perturbations de Vitesse des Groupes électrogènes par la méthode des caractéristiques (BARBILLION, Directeur de l'Institut polytechnique de Grenoble). — La Part de l'État dans les Chutes concédées (Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon). — Electrification des Tramways locaux et départementaux de la Savoie. — Informations. — Bibliographie. — Revues étrangères. — Brevets d'invention. — Tables analytiques (Géologie, Hydrologie, Forces hydrauliques, Hydraulique), papier vert.

HYDRAULIQUE

LA GÉOLOGIE

ET L'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DES CHUTES D'EAU

Deux Conférences faites à la Faculté des Sciences de Grenoble les 6 et 12 février 1921 (Fondation de la Municipalité)

par W. KILIAN

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble
(et rédigées par C. KILIAN).

Mesdames,
Messieurs,

Vous avez sans doute tous entendu parler de la *Houille Blanche*, cette admirable source d'énergie électrique et l'on vous a souvent répété que le Dauphiné, avec ses torrents alpestres abondamment alimentés par les neiges des sommets, blanche parure de nos montagnes, est tout particulièrement en France le pays producteur de cette houille blanche.

Or, la guerre nous a enseigné que le charbon étant très inégalement réparti entre les différentes nations du globe, il importe donc, pour ne pas se trouver dans une dépendance dangereuse vis-à-vis d'autres pays, plus favorisés par

la nature en bassins houillers, de développer le plus possible cette autre source d'énergie si nécessaire à notre industrie et à notre vie économique : la houille blanche.

Lors même, d'ailleurs, qu'il existerait dans tous les pays des bassins houillers également importants et semblablement riches, il faut prévoir l'époque inéluctable et de moins en moins lointaine, où ces bassins houillers seront épuisés. En effet, le charbon disparaît rapidement ; il suffit de songer à l'effroyable consommation qu'en font journellement nos chemins de fer, aux milliers et milliers de tonnes qu'ils absorbent chaque jour pour assurer leur incessante circulation, et aux besoins non moins considérables de nos usines de toute nature pour comprendre immédiatement que la houille, quelque abondante qu'elle soit dans le sous-sol, ne peut suffire bien longtemps encore à une consommation, qui s'accroît journellement dans des proportions vraiment impressionnantes.

Mais l'on ne peut envisager le renouvellement rapide des réserves de charbon que de lents phénomènes géologiques ont accumulées dans l'écorce terrestre pendant les périodes reculées de son histoire, la houille blanche, au contraire, se renouvelle sans cesse et sa production dans l'avenir semble presque sans terme. Elle ne représente, en effet, qu'un épisode dans ce qu'on a appelé le « Cycle de l'Eau » dans la nature, phase qui se traduit par la récupération et la transformation par gravité en énergie électrique, du travail absorbé par l'évaporation et l'ascension, aux dépens de l'énergie solaire, sous forme de nuages, de l'eau des lacs et des océans.

Sans doute, les chaînes et les cîmes les plus élevées s'effritent peu à peu, les torrents des Alpes entraînent constamment

PRINCIPAUX ARTICLES DES NUMÉROS PROCHAINS :

PASQUIER Appareils répartiteurs de charge à commande électrique pour le réglage des ressorts de locomotives.
SYLVESTRE Les Redresseurs à vapeur de mercure et leurs applications à l'électrification des Chemins de fer.
SYLVESTRE Les Postes de Transformation en plein air, à 120.000 volts des Usines de Loudenvelle et Bordères-Louvron, dans les Pyrénées

DYRION Alhages légers d'aluminium
J. WILHELM L'Aménagement des forces hydrauliques du bassin du Verdon
E. BÉRARD Thermo-Electricité — Emploi des couples thermo-électriques pour la mesure industrielle des températures.
M. DUSAUGLY L'Aluminium et son application aux lignes électriques

vers le Rhône, vers les plaines et vers la mer, des fragments arrachés à nos montagnes ; ces dernières s'abaissent et se détruisent insensiblement, pour devenir peu à peu, des « pénélaines » à relief adouci, dont la Bretagne ou l'Ardenne nous représentent des types actuellement presque complètement réalisés ; d'autre part, les Océans se combient lentement et les différences de niveau s'atténuent en diminuant l'importance des chutes d'eau. Mais ce sont là des phénomènes très lents et le moment où les Alpes ne seront plus, où les océans actuels seront complètement remblayés est encore très lointain. C'est là une échéance si reculée dans l'avenir que sa date, bien qu'inévitable, échappe encore à nos calculs et à nos prévisions, en attendant que peut-être de nouvelles chaînes montagneuses et que de nouveaux océans se forment dans d'autres régions par le jeu de phénomènes géologiques dont le cycle n'est probablement pas achevé.

La houille blanche est donc le « charbon de l'avenir » ; elle est destinée à remplacer de plus en plus la houille noire et ainsi s'ouvre pour le Dauphiné, qui en est si abondamment pourvu, une admirable perspective : quand l'ère du charbon sera passée, quand viendra le règne de la houille blanche, l'énergie fournie par nos montagnes fera des Alpes françaises une région industrielle riche et privilégiée entre toutes.

Je me propose, dans ces deux conférences, d'étudier succinctement avec vous le rôle que jouent les connaissances géologiques dans la mise en œuvre de la houille blanche, c'est-à-dire dans l'aménagement hydroélectrique de nos vallées alpines. Il est banal de rappeler que les données de la géologie sont indispensables pour la recherche et pour l'exploitation de la houille noire, comme pour tout ce qui a trait à l'art des mines et à la prospection, mais il n'est pas inutile de mettre en évidence ce que beaucoup d'entre vous ignorent peut-être, à savoir que l'aménagement hydroélectrique de nos cours d'eau réclame lui aussi une connaissance approfondie du sous-sol et de la structure de nos montagnes, ainsi que des notions très précises sur la nature, la formation et l'histoire géologique des vallées. Je voudrais vous montrer dans quelle mesure l'ignorance de la géologie peut exposer à de graves mécomptes dans l'exécution des travaux, parfois si considérables, que nécessite l'utilisation de nos chutes d'eau.

Nous allons donc envisager la série de problèmes et de questions géologiques qui peuvent se poser à propos de cet aménagement des cours d'eau alpins.

Il y a plusieurs manières d'assurer l'aménagement hydroélectrique ⁽¹⁾ d'une vallée torrentielle ou fluviale ; les dispo-

(1) Ne pouvant donner ici, sans dépasser le cadre de cette étude toute sommaire, l'énumération de la copieuse bibliographie que comporte le sujet qui nous occupe, je me contenterai de renvoyer le lecteur aux ouvrages suivants :

M. LUGEON et M. DE VALBRUZE. — Projet de captation du Haut-Rhône français : Conférence faite le 10 mai 1911, à Lyon (*La Houille Blanche*, 10^e année, juin 1911)

P. MAUVENAY, M. COUTAGNE et E.-A. MARTEL. — Aménagement du Haut-Rhône français, Bellegarde et Malpertuis. (Soc. d'Agr., Sc et Industrie de Lyon), 1911.

M. LUGEON. — Etude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat Paris, 1 vol 4^e (Mém. Soc. Géologique de France 1912)

Y. WILHELM. — La Durance — 1 vol 360 p. avec fig. et planches — Paris (Laveny) et Marseille (Jouvène, 1913).

sitions adoptées dans ce but, dans chaque cas particulier, peuvent se ramener à deux types principaux :

I. — *Aménagement par dérivation.* — On peut établir un barrage de faible hauteur, appelé *barrage de dérivation* (fig. 1), et détourner ainsi l'eau du cours d'eau dans un canal

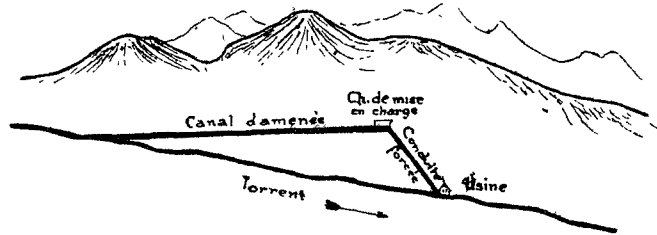


Fig. 1. — Schéma d'un aménagement par dérivation.

à faible pente (on lui donnera seulement la pente nécessaire pour que l'écoulement de l'eau soit assuré), appelé le *canal d'amenée*. Ce canal, dont la pente est beaucoup moins forte que celle du cours d'eau, qui peut être soit à flanc de coteau et à ciel ouvert (canal de la Plaine près d'Embrun), soit en souterrain, soit en conduites de ciment ou de tôle, amène l'eau en aval à une chambre (située sur l'un des flancs de la vallée à une certaine altitude (variable avec la chute réalisée) au-dessus du torrent) ; cette chambre placée au-dessus et dans le voisinage de l'usine, généralement établie au bord du cours d'eau, est la *chambre de mise en charge* d'où partent des conduites forcées.

Les conduites forcées amènent l'eau aux turbines qui font tourner les dynamos ; ces dynamos opèrent la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Comme exemples d'aménagement par dérivation, il y a lieu de citer : sur la Durance, la dérivation la Saulce-Ventavon, dont le canal d'amenée est de 14 kil. ; la hauteur de chute de 50 mètres et le débit de 50 m. c. par seconde, et qui donne 25.000 chevaux ; sur la Haute-Isère, la chute de Viclaire près de Sainte-Foy-en-Tarentaise (en construction) ; l'aménagement de la Byasse (bassin de la Durance), alimentant l'usine dite du Nitrogène près de l'Argentière, est un bel exemple de haute chute par dérivation.

Dans ce type d'aménagement, la hauteur de chute, c'est-

J. LEMARCHANDS. — L'aménagement du Rhône (*La Houille Blanche*, nov.-décembre 1920).

E. M. — Nouveau projet d'aménagement du Haut-Rhône par dérivation (*Le Génie Civil*, 25 septembre 1920).

E.-A. MARTEL. — La question de la Perte du cañon et des barrages du Rhône (*La Montagne*, décembre 1912) et (*La Géographie*, 1914), avec bibliographies (et aussi un article de M. Martel dans le *Tour du Monde*).

SOULEYRE. — Le problème de Génissiat et l'aménagement du Haut-Rhône, Bône 1920.

Aménagement du Haut-Rhône français Bellegarde, Malpertuis, Paris 1911 (Société Française des Forces hydrauliques du Rhône)

Utilisation du Haut-Rhône français (Etude sur le projet de Génissiat) Rochet, Lyon, 1912

MAILLET. — Barrage ou Dérivation ? (*Houille Blanche*, janv.-févr. 1919)

A consulter aussi la belle série de Publications du SERVICE D'ETUDES DES GRANDES FORCES HYDRAULIQUES, Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles Direction générale des Eaux et Forêts (volumes et cartes, 1908-1917), renfermant notamment la collection des Cartes hydrologiques de la région du Sud-Est de la France, par M. R. DE LA BROUSSE, et de précieux documents sur les débits de nos cours d'eau

L.-W. COLLET, R. MFLLET et W. STUMPF. — Le charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse. (*Annales suisses d'Hydrographie*), t. II, n° 1, Berne, 1916 (Département suisse de l'Intérieur).

On consultera également divers articles et ouvrages de MM. DE LA BROUSSE, COUTAGNE, MAILLET, MAIGROZ, RATEAU, Général BOURDON, Léon PERRIER, SOULEYRE, etc.

à-dire la différence de niveau entre la source et le point d'utilisation du torrent, est invariable ; la quantité d'énergie électrique produite dépendra donc des variations du débit du cours d'eau. Or, le débit du torrent alpestre est très irrégulier, très faible l'hiver, il est très gros l'été, époque de la fonte des neiges et des glaciers. Il se produit des « pointes » saisonnières et les pointes se reflètent dans la courbe de l'énergie électrique produite, qui n'offre pas alors la *constance* nécessaire à son utilisation rationnelle pour divers besoins industriels et domestiques (1). C'est là un très grave inconvénient pour l'emploi journalier de cette énergie auquel on a cherché à remédier dans les autres types d'aménagement.

II a. — Dans un type d'aménagement réalisé récemment en Savoie, le surplus d'énergie produite dans la période d'abondance, actionne des pompes (électropompes) qui remontent de l'eau en excès dans un bassin naturel. Pendant la période de disette (ou des basses eaux), le contenu de ce bassin de réserve sert à combler le déficit de la saison d'hiver. Toutefois, cette méthode exige des conditions géographiques très particulières ; elle ne peut être employée que dans des cas exceptionnels et a été réalisée par exemple dans la vallée de Beaufort où le lac de la Girotte constitue un réservoir naturel que l'on a, d'ailleurs, dû spécialement aménager à cet effet et qui est, en outre, alimenté artificiellement par l'adduction de torrents provenant de bassins de réception voisins. Une méthode analogue a été étudiée également pour le lac d'Issarlès (Ardèche) et pour certains projets de la région provençale.

II b. — Il y a enfin le type d'aménagement « par retenue » (voir fig. 2). Pour le réaliser, on établit un barrage (*barrage de retenue*) très élevé, très résistant et très solidement ancré, qui détermine en amont l'existence d'un lac artificiel (*bassin de retenue*), destiné à alimenter des *conduites forcées*. On est ainsi assuré d'avoir un débit constant dans les conduites

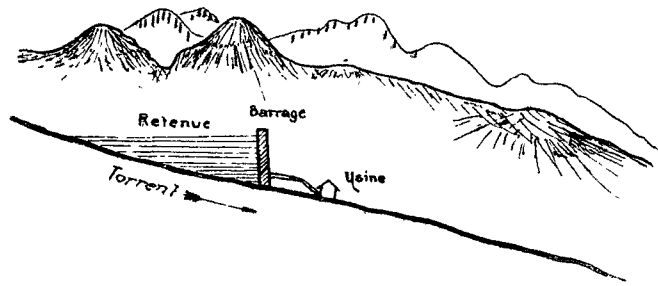


Fig. 2. — Schéma d'un aménagement par retenue.

forcées. L'usine peut se trouver au pied du barrage, mais on a parfois avantage à la placer plus en aval pour augmenter la chute ; dans ce cas, les conduites forcées sont remplacées par des *souterrains en charge*. Cette méthode de création de retenues a, non seulement des avantages industriels, mais peut être utilisée au point de vue agricole, comme on a l'intention de le faire dans les bassins de la Durance, du Verdon et de l'Artuby, en facilitant, par la *régularisation* du débit fluvial, l'irrigation de vastes parties de la Provence.

Plusieurs bassins servant exclusivement à ce dernier usage, tels que ceux que déterminent le barrage de Saint-Christophe (Bouches-du-Rhône), sur le canal de Marseille, et

celui de Quinson (13 m. de hauteur) sur le bas Verdon, ont été réalisés depuis de longues années déjà. Ce dernier a d'ailleurs été comblé en cinq ans par les graviers.

Un des premiers ouvrages de retenue, de proportions assez modestes (22 m. de hauteur), a été réalisé sur le Drac, à Avignonnet. Sur le Fier, on a récemment achevé un remarquable barrage de retenue pour la construction duquel ont été exécutés des travaux extrêmement difficiles, sous l'habile direction de M. l'ingénieur Menjou (voir plus loin).

Mais ce type d'aménagement a donné lieu également à des conceptions et à des projets très hardis. C'est ainsi qu'il est question d'établir, sur le Haut-Rhône, en amont de Seyssel, un ouvrage de ce genre pour utiliser l'énergie et améliorer en même temps les conditions de navigabilité de ce fleuve. On a projeté, en effet, de construire aux environs de Génissiat, un barrage de 76 mètres de hauteur utile. A cette hauteur, il faut ajouter la profondeur des fondations, ce qui donne pour l'ouvrage entier, une hauteur totale d'à peu près 100 mètres. On formerait ainsi un lac d'une surface de 380 hectares et de 23 kilom. de longueur, contenant 50 millions de m³ d'eau. Ce projet grandiose, dont je vous reparlerai dans la suite, est à mettre en parallèle avec plusieurs autres méthodes proposées pour aménager le Rhône aux points de vue simultanés de l'utilisation hydro-électrique et de la navigation.

Un autre projet considérable, proposé et étudié par M. Wilhem, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, est celui de Serre-Ponçon sur la Durance. A Serre-Ponçon, la retenue d'une surface de 15 kilomètres carrés, serait de 186.618.000 à 609 millions de m³, avec un barrage d'une hauteur utile de 56 à 85 mètres (suivant le projet qui sera adopté). Comme à cet endroit, le thalweg de la Durance est très profond et encombré de boues glaciaires, sur 40 à 60 m. d'épaisseur, la hauteur totale de l'ouvrage serait de 100 à 145 mètres environ.

Nous citerons aussi le barrage projeté de la Chapelue, sur le Guil, qui aura 110 m. de hauteur, celui de Caréjuan sur le Verdon, enfin celui de Gréoulx, sur le Bas-Verdon, pour lequel on prévoit une hauteur de 67 m. déterminant un bassin de retenue de 95.500.000 m³.

Ces dimensions, quelque importantes qu'elles nous paraissent, sont cependant bien dépassées par celles des barrages établis dans d'autres pays : sur le Nil, à Assouan, on a créé une retenue de plus d'un milliard de m³ ; en Amérique, plusieurs autres de plus de 500 millions de m³ ; l'un des plus fameux de ces barrages est le barrage Roosevelt (Etats-Unis), qui atteint une hauteur de près de 80 m. (79 m. 50), et dont le bassin emmagasine 1.600.000.000 de mètres cubes. Le barrage de Croton mesure 90 m. 50, celui de Shoshone (Etats-Unis), 100 m. 60 (dont 25 m. 42 de fondations) ; nous citerons encore les ouvrages d'Elepgan Ball (Mexique), et de Talarn (Espagne).

Ce deuxième type d'aménagement des cours d'eau, qui a l'avantage de remédier aux oscillations de débit si accentuées et si considérables pour nos torrents et nos rivières alpines, semble avoir de plus en plus la préférence des ingénieurs ; on verra toutefois plus loin, qu'il ne laisse pas de comporter quelques graves inconvénients et, dans certains cas, des difficultés d'exécution considérables.

III. — Il peut enfin être avantageux de procéder à un aménagement d'un *type mixte*, en combinant, dans une même vallée et pour différents tronçons, l'aménagement par dérivation et les barrages de retenue, ainsi qu'on l'a récemment proposé pour le Haut-Rhône français.

(1) Ces « pointes » saisonnières ne doivent pas être confondues avec les « pointes » journalières dues aux variations de la consommation du courant aux différents moments de chaque période de vingt-quatre heures ; ces pointes journalières sont parfois considérables et occasionnent de notables pertes d'énergie.

**

Etudions maintenant les questions d'ordre géologique qui peuvent se poser au cours de la réalisation de ces deux types d'aménagement : 1° par dérivation ; 2° par retenue.

A. — AMÉNAGEMENT PAR DÉRIVATION

Contrairement à ce qui a lieu pour les barrages de retenue destinés à supporter une pression considérable, le *barrage de dérivation* est peu important ; il peut être établi sans inconvénients sérieux sur les alluvions fluviales ou torrentielles et n'exige généralement pas de fondations spéciales entamant le thalweg rocheux. Avant de le construire, on commence par faire passer le torrent (ou la rivière) dans un lit artificiel, généralement en planches. Pendant la construction du barrage, on établit le canal ou le souterrain d'amenée si ce dernier n'a pas été préparé antérieurement.

Ce *canal d'amenée*, en général parallèle à la vallée et ouvert à flanc de coteau, peut être souterrain (en tunnel). Ainsi dans la Haute-Isère, à la Draye, en amont de Ste-Foy, le canal a plusieurs kilomètres de longueur et aboutit à une chambre de mise en charge à 400 m. environ au-dessus de l'usine de Viclaire, à laquelle la relie des conduites forcées. De tels souterrains peuvent être creusés en un temps relativement court, car il est possible d'en commencer le percement en plusieurs points d'attaque à la fois, au moyen des « fenêtres » que l'on pratique dans les flancs de la montagne, pour atteindre l'axe du tunnel projeté ; ces fenêtres fournissent ainsi plusieurs fronts de taille simultanés (Ex. : Haute-Isère, Bonne-Drac, canal d'amenée de l'usine de Séchilienne (Romanche), etc., etc., et permettent l'évacuation facile des matériaux.

Une connaissance géologique détaillée du pays est indispensable pour établir le tracé de ces canaux d'amenée. On évitera de les faire passer dans les terrains glaciaires ou dans d'anciens thalwegs remblayés par des cailloutis (et dont l'existence échappe facilement aux personnes peu familiarisées avec les observations géologiques) ; les anciennes moraines formées de boues et de sables fréquemment aquifères, mêlés à des cailloutis et à des blocs rocheux, ne se prêtent pas à l'établissement de tunnels ; ils sont souvent aquifères et sous l'action de l'humidité, il peut s'y produire des glissements, des effondrements, particulièrement néfastes, qui peuvent entraîner la destruction de tronçons entiers du souterrain. Les cailloutis fluviaux, lorsqu'ils ne sont pas cimentés en poudingue, comme dans la vallée de la Durance, sont également instables et exigent des boisages assez coûteux.

On évitera aussi les gypses (ou sulfates de chaux) si fréquents en Maurienne, en Tarentaise et dans le Briançonnais, où ils forment des amas puissants. C'est une roche blanche, séduisante d'aspect, facile à travailler et qui paraît très solide au premier abord, mais c'est là une fausse apparence ; les gypses sont absolument désastreux pour les travaux d'art. En effet, cette forme naturelle du sulfate de chaux est, à la longue, soluble dans l'eau ; en outre, les eaux qui ont traversé cette roche sont dites *séléniteuses* et ont la propriété de dissoudre la plupart des ciments (1) et de disloquer ainsi les maçonneries. On fabrique depuis peu de temps un ciment artificiel qui résiste à l'action des eaux séléniteuses et pourra rendre de grands services ; mais ce nouveau produit est presque complètement absorbé pour le moment par les régions dévastées

(1) Les ciments Pelloux résistent plus longtemps à cette action, mais finissent également par être attaqués au bout d'un certain temps.

Le gypse a été la source de mésaventures nombreuses dans l'exécution de conduites d'amenée (environs de Modane, d'Avrieux (Maurienne), de Brides (Savoie) ; je me bornerai à citer comme exemple, le désastre de la Volta, en Tarentaise, qui a obligé à modifier le tracé d'un souterrain déjà construit, de plusieurs kilomètres de longueur, et entraîné des dépenses considérables. Les tunnels en construction de la ligne de Nice à Coni ont, notamment aux environs de Sospel, présenté des difficultés de construction causées par des masses de gypse. Les terrains gypseux sont spécialement développés dans le Briançonnais (N.-O. de Plampinet) ; en Maurienne et en Tarentaise (lac de Tignes, Vallées de Saint-Jean et de Saint-Martin-de-Belleville, etc.).

On évitera aussi l'anhydrite (sulfate de chaux anhydre) : au contact de l'eau, cette roche s'hydrate, se dilate considérablement — ce qui n'est pas sans inconvénients graves pour les tunnels qui la traversent — puis devient du gypse et présente alors tous les inconvénients mentionnés plus haut. C'est à la présence de cette roche que son dues, par exemple, les incessantes réparations qu'a nécessitées le tunnel de la route du Galibier.

Ces considérations, et d'autres encore, tirées de la constitution géologique du sol, inspireront l'ingénieur dans le tracé du canal d'amenée et dans le choix du versant de la vallée sur lequel ce dernier devra être établi. La nature des roches est, en effet, dans certains cas, fort différente sur les deux flancs d'une même vallée, qui sont alors inégalement abruptes et inégalement favorables à l'établissement d'un tunnel ou d'un canal.

Pour échapper aux terrains défectueux qui ne pourront pas toujours être évités, on pourra, d'ailleurs, lorsque l'établissement d'un souterrain ne sera pas possible, faire cheminer le canal de dérivation à la surface du sol, dans une conduite en tôle ou en ciment armé.

Dans le cas d'un canal souterrain, un géologue devra faire tout spécialement l'étude détaillée des roches que doit traverser le tunnel ; il aura à en indiquer le degré de solidité, de stabilité et d'étanchéité ; il sera ainsi possible d'évaluer le prix de revient des travaux. Il est, en effet, des roches très dures, dont le percement est très coûteux et d'autres dans lesquelles les travaux se font plus aisément et à meilleur compte ; d'autres encore qui exigent des précautions particulières. C'est ainsi que le géologue indiquera d'avance les parties du tunnel qu'il conviendrait de revêtir de maçonnerie et celles à laisser sans revêtement : il existe des roches hérissées de saillies (les schistes par exemple), ce qui entraîne un frottement occasionnant une « perte de charge » considérable qui, lorsqu'il s'exerce sur une grande longueur, peut diminuer le rendement de la chute ; ces roches demandent, malgré leur solidité et leur étanchéité, à être pourvues d'un revêtement. Ailleurs, le peu de consistance ou la porosité du terrain exigera également une gaine de maçonnerie parfois assez épaisse

(A suivre.)

NOTE DE LA RÉDACTION

Nous avons le plaisir d'apprendre que la Société Géologique de France vient de décerner une de ses plus hautes Récompenses, la Médaille d'or (Médaille Gaudry), à M. le Professeur Kilian, Membre de l'Institut, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Grenoble.

M. Kilian permettra à la « Houille Blanche » de lui adresser l'hommage de sa respectueuse admiration.