



HAL
open science

Etude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde) - Ain

Maurice Lugeon

► **To cite this version:**

Maurice Lugeon. Etude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde) - Ain. 1912. insu-00848355

HAL Id: insu-00848355

<https://insu.hal.science/insu-00848355>

Submitted on 26 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Prof. W. KILIAN

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME DEUXIÈME — MÉMOIRE N° 8

double

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE PROJET DE

BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

FRANÇAIS

A GÉNISSAT (PRÈS DE BELLEGARDE)

PAR

Maurice LUGEON

Avec 31 coupes, schémas ou vues dans le texte, 3 planches de coupes et plans
et 4 planches de vues photographiques

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VI

1912

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

A mon ami W. Kilian

Hommage D. S. D.

M. Lugeon

MAURICE LUGEON

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE

PROJET DE BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME DEUXIÈME — MÉMOIRE N° 8

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE PROJET DE

BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

FRANÇAIS

A GÉNISSAT (PRÈS DE BELLEGARDE)

PAR

Maurice LUGEON

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, RUE SERPENTE, VI^e

—
1912

ÉTUDE GÉOLOGIQUE
SUR LE PROJET DE BARRAGE DU HAUT-RHÔNE FRANÇAIS
A GÉNISSAT, PRÈS DE BELLEGARDE

PRÉFACE

Dans le courant de l'année 1909, sur la recommandation de M. A. Michel-Lévy, membre de l'Institut, directeur du Service de la Carte géologique de la France, je fus appelé comme géologue-conseil pour étudier un projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat, en aval de Bellegarde.

Dès lors, à côté de mes recherches de géologie alpine, j'ai consacré bien des journées à l'étude de ce projet. J'ai déjà, dans deux publications, fait connaître les résultats de mes observations. En outre, par des conférences dans des cercles privés, mais où les portes avaient été largement ouvertes au public, j'ai exposé, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, ce que je pouvais dire sur les résultats acquis.

De plusieurs côtés, aussi bien par les ingénieurs que par les géologues, je suis sollicité de rendre publics ces résultats, qui ont fait l'objet de plusieurs rapports manuscrits adressés au Comité du Haut-Rhône et communiqués par lui aux administrations intéressées.

Ce comité m'a autorisé à publier ici l'ensemble de ces études. Quelques questions restent encore à traiter, mais elles n'ont pas l'importance des faits acquis actuellement. L'heure est donc venue de publier nos résultats.

La Société géologique de France a bien voulu prendre sous son haut patronage une de mes conférences, celle du 11 décembre 1911, à Paris. Elle a montré ainsi tout l'intérêt qu'elle attache aux applications de la géologie et à la méthode du géologue praticien. Le présent travail, publié dans ses *Mémoires de Géologie*, sera lu non seulement par ceux que le grand projet de Génissiat intéresse plus ou moins directement, mais aussi par tous ceux que préoccupe la mise en valeur d'une source considérable de richesses appartenant à la nation.

Les opinions exprimées dans ce mémoire me sont néanmoins toutes personnelles et n'engagent en rien la Société géologique de France. En effet, ce projet de Génissiat a soulevé de nombreuses critiques : j'en ai eu ma bonne part et elles ont eu pour moi cet excellent résultat de m'obliger à préciser mes recherches et ma pensée. Je serai donc amené dans la suite de ces pages à examiner avec la plus grande attention les arguments qui m'ont été opposés.

Il me reste à remercier mes collaborateurs et en première ligne le Comité du Haut-Rhône, représenté par M. l'ingénieur A. Alby, qui m'a toujours laissé une entière liberté, se prêtant à tous mes désirs alors même qu'aucun intérêt pratique ne paraissait les justifier; puis mon aide, M. Villemagne, conducteur des Ponts et Chaussées, continuellement sur la brèche, ne comptant pas ses heures de fatigue et de patience; enfin M. Seligmann, le dévoué secrétaire du Comité du Haut-Rhône.

Puisse mon effort aider à la réalisation de ce grandiose projet, conçu par le génie des ingénieurs français.

Lausanne, le 25 juin 1912.

MAURICE LUGEON,
PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ
ET A L'ÉCOLE DES INGÉNIEURS DE LAUSANNE.

BIBLIOGRAPHIE

- BLONDEL, HARLÉ et MAHL. — Projet de transport d'énergie électrique du Rhône à Paris avec aménagement du Haut-Rhône pour la navigation internationale.
- Ville de Paris. — Commission de la Houille Blanche. Projet d'utilisation des forces motrices du Rhône, dressé par MM. BLONDEL, HARLÉ et MAHL et présenté par M. HARLÉ. Rapport. Avis de la Commission, Paris 1908.
- Voir aussi R. DE LA BROUSSE, Aménagement de l'énergie du Haut-Rhône, en vue de l'alimentation de Paris. *C. R. A. F. A. S.*, 1908.
- ARMAND. — Amélioration de la Navigabilité du Rhône. *Id.*
- A. ALBY. — Note sur l'industrie de l'énergie électrique. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, Paris, juillet 1907.
- D^r PIQUET. — Conférence sur le Haut-Rhône français et son avenir, faite dans la salle d'école de Génissiat (Ain), le 19 février 1911. Bellegarde, librairie Lucien Michaux.
- MAURICE LUGEON. — Projet de captation du Haut-Rhône français; conférence faite le 10 mai 1911 devant la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. *La Houille Blanche*, Juin 1911.
- DE VALBREUZE. — *Id.* (Production et transmission de l'énergie). *La Houille blanche*, Juin 1911.
- Utilisation du Haut-Rhône français. Etude sur le projet de Génissiat. — Rapport présenté par M. l'ingénieur BOCHET à l'Association française pour le développement des Travaux publics; Conférence faite à Genève par MAURICE LUGEON, devant l'Association des anciens élèves de l'École polytechnique; Observations du Comité d'Etudes. Paris, Avril 1912.
-

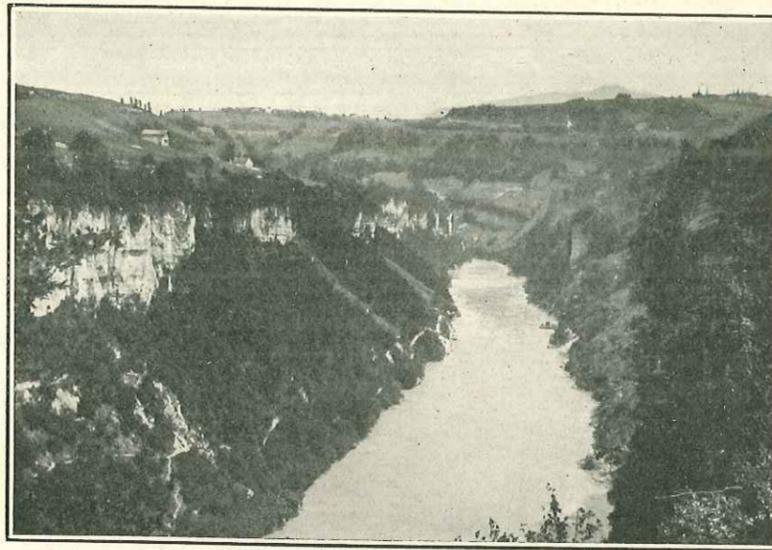


FIG. 1. — LE CAÏON DU RHÔNE A L'EMPLACEMENT DU BARRAGE

CHAPITRE I

LE COURS DU RHÔNE ET LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT

I. — Description sommaire du cours du Haut-Rhône de la frontière en aval de Bellegarde

Aucun grand fleuve de France, à débit égal, ne présente, comme le Haut-Rhône, sur un parcours relativement restreint, une pente moyenne aussi considérable.

Il est utile que nous jetions un rapide regard sur le profil en long du cours d'eau dès son entrée sur le sol de France jusqu'à quelques kilomètres en aval de Bellegarde (fig. 2, 5, 6).

Après s'être écoulé dans le pays de Genève, sortant du Léman à la cote de 372,087, le fleuve est mitoyen entre la France et la Suisse sur 6 km. 5. Lorsqu'il possède ses deux rives françaises, son remous est à l'altitude de 334 mètres.

A environ 4 km. 5 en aval, le fleuve passe sous le Pont Carnot (Pont de Savoie) et s'engage dans le superbe défilé du Fort de l'Ecluse (fig. 4 ; p. 16). Sa pente augmente immédiatement dans cette traversée du chaînon jurassien du Reculet-Vuache. Sorti de la gorge, le fleuve prend une direction méridienne. Il laisse de côté un ancien thalweg engorgé de matériaux glaciaires et dont, tour à tour, ont parlé Schardt et Kilian ¹.

1. KILIAN (W.). Contribution à l'histoire de la vallée du Rhône, à l'époque pleistocène. Le défilé du Fort de l'Ecluse (Ain). *Zeitschrift für Gletscherkunde*, bd VI, 1911.

SCHARDT. Déviations glaciaires de cours d'eau. IX^e Congrès géogr. international. Genève, 1908.

Toujours profondément encaissé, le fleuve décrit une grande boucle en s'engageant dans un premier cañon taillé dans les grès tendres molassiques. Le cours est parfois si restreint que, sous Grésin, un pont d'une seule arche peut le franchir. C'est dans cet étroit défilé qu'on a songé, pendant un certain temps, à créer un premier barrage.

Près de Coupy, le Rhône coupe les sables et les argiles du Gault. Tout à coup son lit se contracte, il se précipite dans un étroit chenal où, aux basses eaux, il disparaît complètement. C'est la Perte du Rhône, célèbre par elle-même et par les descriptions de Saussure et de Renevier (fig. 7; p. 20).

Dans la région internationale, la pente moyenne est de 1,91 par kilomètre; dans la région française, jusqu'à la Perte du Rhône, la pente moyenne est de 2,07, c'est donc une première chute inutilisée, entièrement française, de 29 mètres environ.

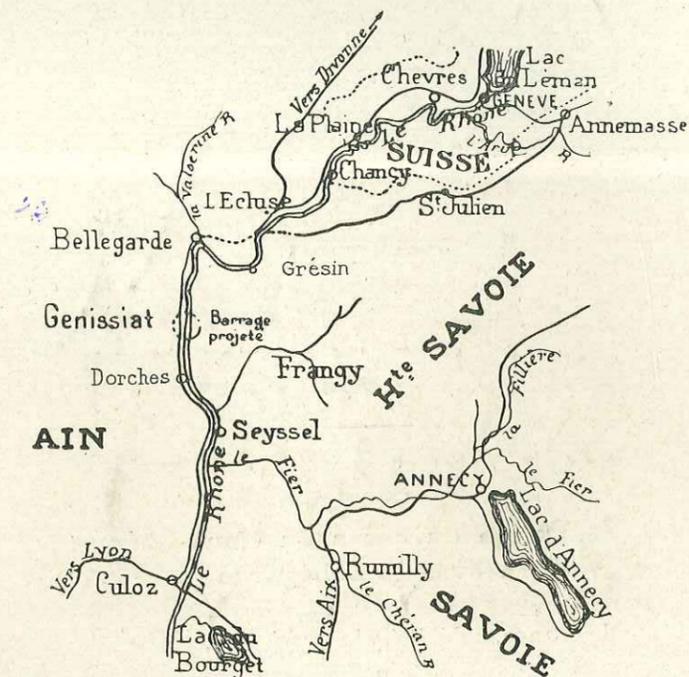


FIG. 2. — CARTE DE LA RÉGION DU HAUT-RHÔNE

Le phénomène de la Perte du Rhône est trop connu pour que nous nous y arrêtions. Sur une longueur de un kilomètre environ, entre le barrage actuel de Bellegarde et le confluent de la Valsérine, la chute est de 14 mètres. Une usine utilise partiellement le débit du fleuve en ce point.

A partir du confluent de la Valsérine, le Rhône s'engage dans un véritable cañon. La pente du fleuve s'accroît. Sur une longueur de 7 km. 6, la pente totale est de 26 mètres, soit par kilomètre, 3 m. 42. Mais dans cette région, la pente est loin d'être uniforme, ainsi que le diamètre transversal du fleuve.

Très étroit immédiatement en aval du confluent avec la Valsérine, le Rhône s'élargit un peu, mais est encore assez contracté sous le village d'Arlod pour être franchi par une simple passerelle métallique (fig. 3). A Malpertuis la veine liquide se contracte encore. Il

y a des rapides, du reste très courts, et le Rhône, en aval des rapides, est si étroit, qu'aux basses eaux, il a moins de 2 mètres de large. Et cependant, dans ce défilé, l'eau marche avec tranquillité, superficiellement tout au moins, ce qui laisse supposer des profondeurs considérables. Entre des parois à pic, le fleuve, encombré par places par des blocs éboulés, fait une courte chute à la Glière (planche IV), s'étale un peu au lieu dit Le Paradis, puis s'engage à nouveau dans un étroit couloir, le défilé de Monthoux, à l'extrémité aval duquel se trouvait jadis une passerelle. Dans ce défilé, le fleuve a moins de 10 mètres de large. A partir du Paradis, la pente s'adoucit et à la sortie de la passe de Monthoux

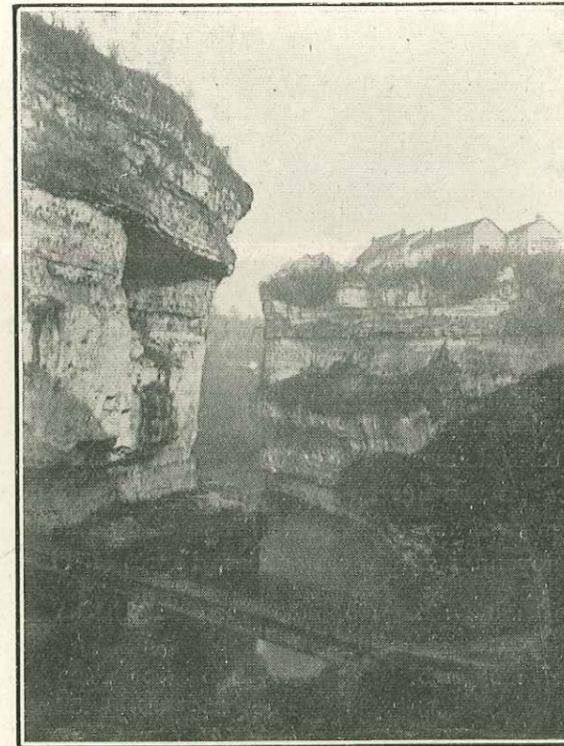


FIG. 3. — PASSERELLE SOUS ARLOD

(fig. 11 ; p. 30), le fleuve s'étale un peu, sans que sa largeur dépasse guère une cinquantaine de mètres aux basses eaux. Il arrive ainsi au pied du rocher sur lequel s'élève l'ancien château de Génissiat (fig. 30 ; p. 92). C'est là qu'autrefois s'arrêtait la batellerie. En aval, le fleuve s'écoule encore, sur quelques kilomètres, entre des parois calcaires, puis, à partir de Pyrimont, son lit est entièrement taillé dans la molasse.

A Génissiat, aux eaux moyennes, la cote du Rhône est de 262,98. Sur le territoire français la chute est donc d'environ 70 mètres, dont 13 sont seuls utilisés à Bellegarde pour 60 mètres cubes, ce qui est loin du débit du plus bas étiage journalier. 90 o/o de l'énergie du fleuve sont perdus. Et le mode actuel de cette faible utilisation rend impossible l'amélioration du fleuve pour la navigation.

II. — Hydrologie du Rhône

Le Rhône, en amont de son confluent avec la Saône, présente le type des fleuves alpins, avec une période de crues dont le maximum a lieu en juillet, et un régime d'étiage dont le minimum se fait sentir en janvier. C'est à peu près l'inverse des rivières dites séquanienues, comme la Saône, dont la crue a lieu en avril et l'étiage en octobre. C'est ce mélange de deux régimes qui fait du Rhône, de Lyon à la mer, un fleuve assez semblable au Rhin, en aval de Bâle. L'existence des lacs ne suffit pas à amortir les crues intenses de l'été, ou les fontes rapides du printemps, mais il les tempère et, sous ce rapport, le Léman agit déjà comme régulateur, d'autant que les services industriels de la ville de Genève agissent pour maintenir au fleuve un minimum supérieur à l'étiage ancien, avant la construction du barrage de la Coulouvrenière.

Les variations annuelles du débit du Rhône sont heureusement bien connues. Dans sa traversée de Genève, le Rhône lémanien varie entre 600 et 100 mètres cubes. L'étiage descend cependant quelquefois au-dessous de ce dernier chiffre et particulièrement certains dimanches d'hiver, dont on profite pour relever un peu le niveau du lac de Genève.

A peine sorti de la ville de Genève, le Rhône reçoit l'Arve, laquelle voit son débit descendre exceptionnellement à 15 mètres, mais se maintenir en général autour de 60.

On peut donc compter sur 115 mètres cubes à l'étiage le plus exceptionnel pour le Rhône français. Une série de mesures ont du reste été faites par le bureau de l'*Hydrographie nationale suisse* (ancien Bureau hydrométrique fédéral) durant 9 ans, de 1899 à 1907, à la Plaine, en aval du confluent de l'Arve et du Rhône.

Voici les valeurs moyennes durant ces années, d'après M. l'ingénieur de la Brosse.

Débit :	120 m ³	120	140	160	180	200	240	300	400	500	600
		à	à	à	à	à	à	à	à	à	
		140	160	180	200	240	300	400	500	600	
Jours :	10	28	38	38	23	35	28	53	43	49	20
		172					193				
		Au-dessous de la caractéristique moyenne					Au-dessus de la caractéristique moyenne				

Le débit *caractéristique moyen* (*q. m.*), c'est-à-dire le minimum assuré pendant au moins la moitié de l'année, varie entre 250 et 300 mètres cubes.

Le débit *caractéristique d'étiage* (*q. e.*), c'est-à-dire celui au-dessous duquel le débit effectif ne descend pas plus de 10 jours par an, varie entre 113 et 132 mètres cubes.

Le minimum annuel oscille entre 94 et 116 (entre 101 et 120 si l'on exclut les dimanches pour la raison donnée plus haut) ; sa durée est très courte.

C'est, en tout cas, le chiffre de 120 mètres cubes que l'on prendra en définitive comme caractérisant l'étiage du fleuve, et le chiffre de 240 environ que l'on considérera pour l'élément défini de la caractéristique moyenne.

III. — Les projets d'utilisation du Rhône pour la force et la navigation

Pour utiliser cette immense force que représente la chute de 70 mètres du Rhône en territoire français, plusieurs projets ont vu successivement le jour :

On songe d'abord à barrer le Rhône à Malpertuis (MM. Poncin et Supéry) pour obtenir une chute de 17 mètres produisant une force de 32 000 chevaux, puis ce projet est modifié par MM. Locher et C^{ie} et remplacé par un barrage à établir à Monthoux, à quelque cent mètres en amont du projet de Génissiat. La chute aurait été de 33 mètres. Puis l'on revient à Malpertuis, et une société, Planche et C^{ie}, se forme, à laquelle se substitue la Société des forces hydrauliques de Malpertuis.

Mais la région en amont de la Perte du Rhône devait également attirer l'attention. Le Syndicat français des forces hydrauliques du Pont de Grésin et de la Boucle du Rhône propose d'établir au Pont de Grésin un barrage créant une chute de 20 à 40 000 chevaux en eaux moyennes.

D'autre part, la Société française des forces hydrauliques du Rhône, à Bellegarde, demande que sa concession de 60 mètres cubes soit étendue à tout le débit du fleuve, et elle propose, en amont de la Perte, l'élévation d'un grand barrage d'une trentaine de mètres de hauteur. Enfin, il est proposé de créer à Malpertuis un barrage haut d'environ 25 mètres.

Dès 1902, M. Emile Harlé présente des demandes successives. Un premier projet consistait à créer un barrage en amont du Pont Carnot ; par des souterrains longs de 10 km. 5, les eaux étaient amenées à Monthoux. Dans un deuxième projet, le barrage devait s'élever vers le Pont de Grésin. Il retenait une épaisseur de 25 mètres d'eau. La longueur des tunnels d'amenée était réduite à 4 km. 5.

C'est en 1906 que M. Harlé présente un nouveau projet consistant à élever à Génissiat un barrage de 76 mètres de haut. Toute la vallée du Rhône, jusqu'à la frontière, est transformée en un lac long de 23 kilomètres et couvrant une surface assez réduite de 380 hectares. Selon les périodes de crue ou d'étiage, une chute de 67 à 69 mètres est créée.

Le projet Harlé, Blondel et Mähl solutionne à la fois les deux problèmes à résoudre, celui de l'utilisation maxima de la force disponible et celui de la navigation du fleuve.

IV. — Avantages de la retenue

Les forces naturelles fluviales dont la France est très abondamment pourvue sont peu à peu toutes en voie d'aménagement. Les Alpes, les Pyrénées se couvrent d'un réseau serré d'usines génératrices dont la puissance, utilisée d'abord sur place, sort peu à peu des régions montagneuses et déverse au loin la force et la lumière.

De grands territoires, en dehors des montagnes, demandent à être alimentés ; mais, pour transporter sur de grandes étendues en haute tension la force électrique, et assurer

la rentabilité des entreprises, il est nécessaire que le nombre de chevaux débités par les dynamos soit considérable, et que le régime du débit soit stable d'un bout de l'année à l'autre. Il faut encore, pour satisfaire à la consommation irrégulière en lumière, posséder une source de force assez souple pour qu'on puisse en modifier à volonté la puissance journalière.

Seuls peuvent satisfaire à ces conditions de grands lacs, ou, à défaut de ces derniers, des bassins de retenue créés sur les fleuves par des barrages.

M. de la Brosse a calculé ce qu'il faudrait emprunter à la retenue créée par le barrage de Génissiat dans une année particulièrement critique. La fin de l'hiver 1905 ne pouvait être mieux choisie.

Voici l'exemple :

Du 1^{er} février au 10 mars, le débit a été inférieur à 120 mètres cubes, sauf pendant 7 jours. Pour compenser le déficit quotidien, il aurait été nécessaire d'emprunter des quantités variant entre 4 et 26 mètres cubes par seconde.

On aurait vu la baisse suivante :

Du 1 ^{er} au 24 février.....	1 mètre
Du 24 février au 1 ^{er} mars.....	2 —
Du 1 ^{er} mars au 5 mars.....	3 —
Du 5 mars au 12 mars.....	3 m. 96

A partir du 15 mars, le niveau serait remonté à 332 mètres. Si, pendant ces quarante jours, le service du dimanche avait demandé la somme réduite de 100 mètres cubes par seconde, la baisse n'eût été, le 7 mars, que de 2 m. 35.

L'effet de la retenue, montant le débit le plus faible de 94 mètres cubes le 19 février 1905 à 120 mètres cubes, donne un gain de 22 o/o.

La chute disponible est variable. Elle sera de 67 mètres aux hautes eaux, de 68 aux eaux moyennes et de 69 aux basses eaux.

Voici quelle sera la puissance disponible calculée sur une moyenne de 9 ans, toujours d'après M. de La Brosse :

Débit en m ³	BASSES EAUX			EAUX MOYENNES			HAUTES EAUX			
	120	130	150	170	190	220	270	350	450	≥ 500
Durée en jours	10	28	38	38	23	35	28	53	43	69
Puissance nette en kw.	59 175	66 020	76 175	85 080	95 090	110 105	133 140	172 590	221 900	246 500

Une seule fois, dans ces neuf ans, la puissance serait tombée à 57 408 kilowatts, soit 78 000 chevaux.

Mais si la retenue permet déjà de franchir les mauvais jours, combien mieux permettra-t-elle de franchir la *pointe* quotidienne.

Cette puissance minima de 59 000 kilowatts ne sera pas utilisée uniformément pen-

dant les 24 heures. Aux basses eaux, on aura la faculté considérable de faire la répartition suivante :

Pendant 12 heures.....	30 000 kilowatts
— 8 —	60 000 —
— 4 —	150 000 —

Demandons-nous ce que signifie dans l'année l'énorme énergie qui serait accumulée derrière ce rempart de Génissiat.

Pendant l'hiver, toujours en nous basant sur la moyenne de 9 ans, la moyenne journalière sera de 2 301 000 kilowatts-heures; pour l'année entière, le nombre de kilowatts-heures sera supérieur à 1 292 118 000.

Que représente cette énorme quantité d'énergie?

Si l'on brûle 1 kgr. 2 de houille pour un kilowatt-heure, la retenue de Génissiat rendra, par année, une puissance égale à celle que peuvent produire environ 1 500 000 tonnes de houille. Cette masse de charbon est égale à la moitié de la production du bassin de Lens ou d'Anzin, ou à la production totale de Blanzy. Cette comparaison est due à M. l'ingénieur Loucheur.

V. — Conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage

Les conditions auxquelles doit satisfaire l'établissement d'un grand barrage, celles qui doivent déterminer le choix de l'emplacement et les dispositions des ouvrages sont d'ordre divers.

Les unes ont un caractère d'absolue nécessité, ce sont celles qui concernent les questions de sécurité, stabilité de la construction et de ses appuis, conservation des ouvrages.

Les autres ont un caractère relatif: ce sont celles qui touchent aux considérations économiques, relation entre les dépenses et les avantages à retirer de l'opération au point de vue de l'utilisation de l'énergie et de la navigation.

Lorsqu'on se trouve en face d'un site particulier, il convient d'en examiner la convenance à ces divers points de vue, et d'étudier les conditions qu'il présente en se plaçant à chacun d'eux.

On peut distinguer dans un site de barrage :

- 1° Les conditions géographiques et topographiques;
- 2° Les conditions géologiques.

Les conditions géographiques et topographiques ont fait, de la part des auteurs du projet et de la Commission de la Houille blanche¹, l'objet d'un examen approfondi. Sans

1. La Commission de la Houille blanche, nommée par arrêté du Préfet de la Seine en date du 5 novembre 1907, était composée de:

M. Maurice Lévy, membre de l'Institut, président;

M. Félix Roussel, président du Conseil général de la Seine, vice-président;

MM. Chassigne-Goyon, Dausset, Duval-Arnoud, Evain, Landrin, Morel, Moreau, membres du Conseil municipal de Paris;

y revenir, nous noterons cependant que le site qui permet d'accumuler le plus grand volume d'eau est celui qui assure au bief les meilleures conditions pour lutter contre l'alluvionnement, l'ennemi naturel de tous les lacs naturels ou artificiels. Nous noterons également les dispositions topographiques qui, permettant de séparer les ouvrages de décharge de l'ouvrage de retenue, sont éminemment favorables à la conservation du barrage. Il est, en effet, très avantageux de pouvoir éloigner du massif résistant les phénomènes érosifs qui accompagnent nécessairement toute grande chute d'eau et de placer ces phénomènes en des points où leurs effets soient localisés, surveillés et inoffensifs.

Les conditions géologiques sont très diverses. Elles ont une importance générale et locale.

Il faut que le bief que l'on veut créer soit étanche.

Les appuis doivent être particulièrement sains.

La limite inférieure des fondations doit être accessible aux travaux pneumatiques.

Avant d'aborder l'étude géologique détaillée du problème, nous rappellerons que les auteurs du projet, qui ont reconnu pour des raisons de convenance économique la supériorité d'un ouvrage établi près de Génissiat, ont étudié successivement quatre emplacements, celui d'aval faisant l'objet d'un double projet.

Voici quelles étaient les solutions (fig. 9, p. 23) :

Solutions I et II, barrage au droit du rocher du Château.				
— III	—	—	—	Bouquet.
— IV	—	—	—	Cruchon.
— V	—	à l'amont	—	Cruchon.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter les avantages et les inconvénients techniques de ces diverses solutions. Elles n'ont pour nous que la valeur de simple indication puisque nous aurons à envisager plus loin la possibilité géologique ou non de la construction.

Nous pouvons toutefois résumer, selon la Commission de la Houille blanche, les avantages et les inconvénients de l'emplacement du rocher Bouquet :

- A. Roche compacte d'apparence homogène et très favorable.
- B. Lit bien ouvert donnant les facilités pour l'installation du chantier de fondation.
- C. Conduites forcées réduites au minimum.
- D. Entrée des bateaux bien isolée à l'aval et assez loin de la cascade.

MM. de Pontich, Derouin, Desrois du Roure, Boreux, Lauriol, Locher, directeurs ou attachés aux directions des services de la ville de Paris ;

MM. Charguéraud, Claveille, directeurs au Ministère des travaux publics ;

MM. Flamant, Régal, de la Brosse, Walkenaer, Armand, Delafond, inspecteurs généraux ou ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines ; M. de Nerville, ingénieur des Postes et Télégraphes ;

MM. Cordier, Petsche, Maurice Leblanc, Chaigneau, Lorin, Boucher, Biles, ingénieurs-conseils ou administrateurs d'entreprises hydro-électriques.

Le rapport fut confié à une sous-commission de spécialistes présidée par M. Maurice Lévy. L'étude de la partie hydraulique fut confiée à MM. de la Brosse et Armand, M. Delafond s'occupa de la question géologique, MM. Lauriol et Maurice Leblanc de la partie électrique.

Le 9 juillet 1908, la Commission donnait un préavis favorable.

- E. *Large débouché à l'aval dégageant bien les abords du barrage et de l'usine.*
 - F. *Aucune traversée du ravin (de la Dent) sous le canal.*
 - G. *Faible relief des ouvrages (5 m).*
 - H. *Usine rectiligne et extensible.*
 - I. *Pas de pont sur le canal.*
 - J. *Cascade déversant au loin de l'usine.*
 - K. *Usine transformatrice très bien placée.*
 - L. *Vastes extensions industrielles.*
 - M. *Sécurité des lignes de départ au-dessus du tunnel du Chemin de fer.*
 - N. *Voisinage immédiat de la station du Chemin de fer.*
-

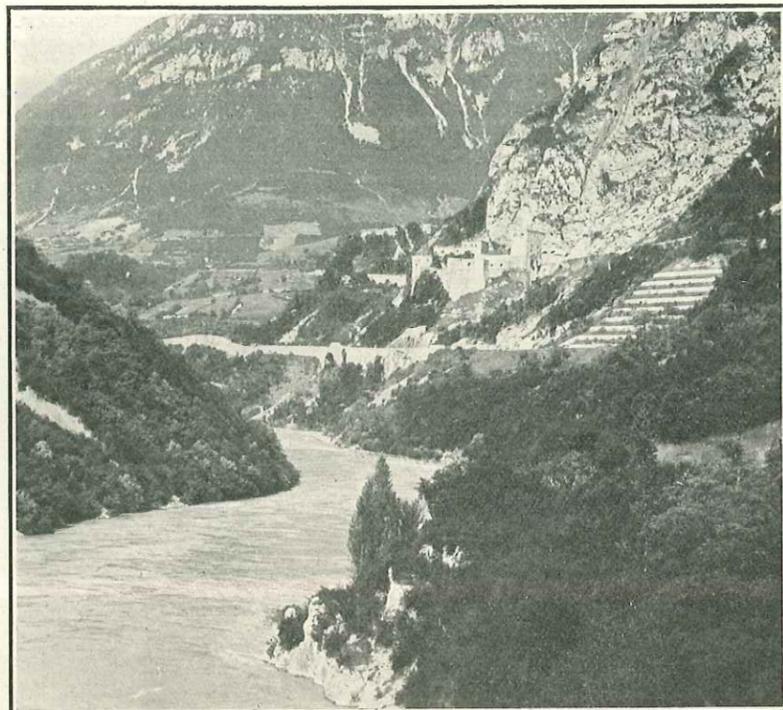


FIG. 4. — LE DÉFILÉ DE L'ÉCLUSE

CHAPITRE II

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES PAROIS DU BIEF

I. — La région amont et le défilé du Fort de l'Écluse

Le bief qui sera créé par la haute muraille de Génissiat noyera des terrains de constitutions diverses que nous allons examiner au double point de vue de leur étanchéité et de leur attaque par les eaux¹ (fig. 2, 5, 6).

Lorsque le fleuve possède ses deux rives françaises, son thalweg est entièrement taillé dans les terrains glaciaires et fluvioglaciaires. Les eaux baignent des alluvions anciennes, dont l'âge post-würmien a été nettement démontré par Kilian. Nulle part, dans cette région quaternaire, le fleuve ne présente de seuil rocheux. Nulle part, il n'a retrouvé son ancien lit interglaciaire rocheux, ni les parois de celui-ci, comme il le fait à plusieurs reprises dans le pays de Genève.

1. Voir la Carte géologique à 1/80 000, feuille *Nantua*, par BENOIT.

C'est un peu en aval du Pont Carnot que le fleuve quitte la région glaciaire et fluvioglaciaire.

Dans ces territoires amont, le lac de Génissiat aura sa plus grande largeur, qui n'excèdera guère 600 mètres. Rien de spécial ne pourra survenir. Ici et là, sera-t-il peut-être utile de construire quelques petits murs protecteurs.

En aval du Pont Carnot, ou Pont de Savoie, le Rhône entre dans la gorge du Fort de l'Écluse (fig. 4), défilé taillé dans les couches très redressées du chaînon Reculet-Vuache, mais présentant sur les deux versants des placages de terrain quaternaire sur lesquels il est nécessaire que nous nous arrêtions.

En 1883, la ligne de Lyon-Genève, de la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, fut victime d'un glissement important. Une section, longue d'environ 150 mètres, y compris un petit souterrain, fut entraînée dans le Rhône. Pendant plusieurs heures, le fleuve fut barré.

L'altitude de la voie est d'environ 370 mètres dans la région entraînée et on peut se demander si la surélévation du Rhône à la cote de 332, en noyant des talus qui furent instables, n'amènerait pas des perturbations dangereuses pour la voie.

Le 13 septembre 1910, en compagnie de M. Rascol, ingénieur en chef de la Compagnie, nous avons étudié sommairement les lieux.

Les dépôts quaternaires forment la presque totalité du substratum de la voie en aval du souterrain de la Folie, exception faite d'un court tronçon qui repose directement sur un éperon de calcaire jurassique.

C'est en amont de cet éperon calcaire que s'est détachée, en 1883, une masse énorme de terrain quaternaire.

D'après Renévier¹, la superposition de ces terrains est la suivante sur cette rive droite :

- 1° Eboulis ;
- 2° Marne glaciaire plus ou moins chargée de cailloux (dépôt morainique) ;
- 3° Sablon fin, sans cailloux étrangers, épaisseur d'environ 10 mètres ;
- 4° Argile pure, plastique, qui affleure dans le cours du Rhône quand les eaux sont basses.

Renévier a fait faire un sondage dans cette argile, qui a été reconnue sur 4 mètres, ce qui démontre que le dépôt descend plus bas que le niveau du fleuve.

D'après le même géologue, le sablon s'étend à partir du glissement de 1883 jusque sous le hameau de Lajoux, soit sur environ 700 mètres de longueur.

Pour stabiliser la voie ferrée, d'importants travaux de drainage ont été exécutés. Aujourd'hui, on peut estimer que la stabilité est complète. Du côté montagne, il se produit quelques tassements dans le voisinage de l'ancien souterrain effondré. Ils sont dus à la répercussion superficielle du drainage profond.

En faisant les travaux d'assainissement, il a été rencontré une source temporaire dont le débit peut être considérable, au moment de la fonte des neiges en particulier. La galerie drainante principale débouche sensiblement à la cote de 328,50, soit un peu au-dessous du niveau de la retenue.

1. Rapport manuscrit adressé à la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à la suite de l'accident de 1883.

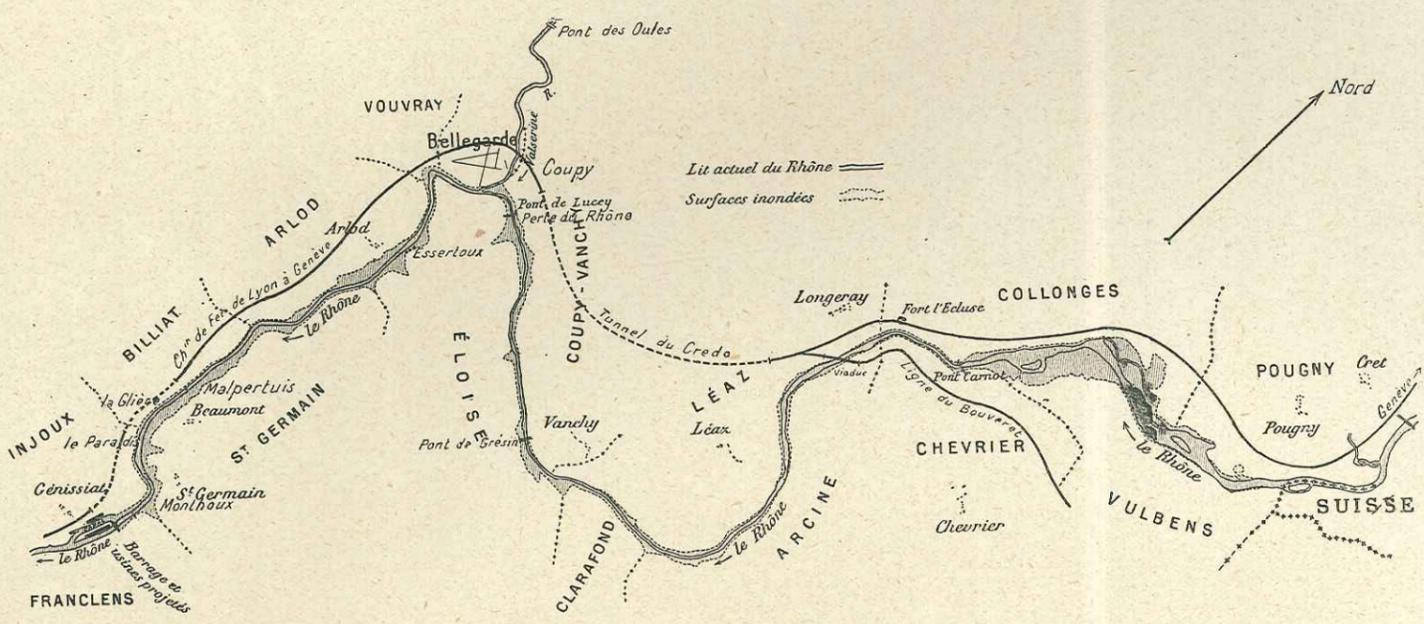
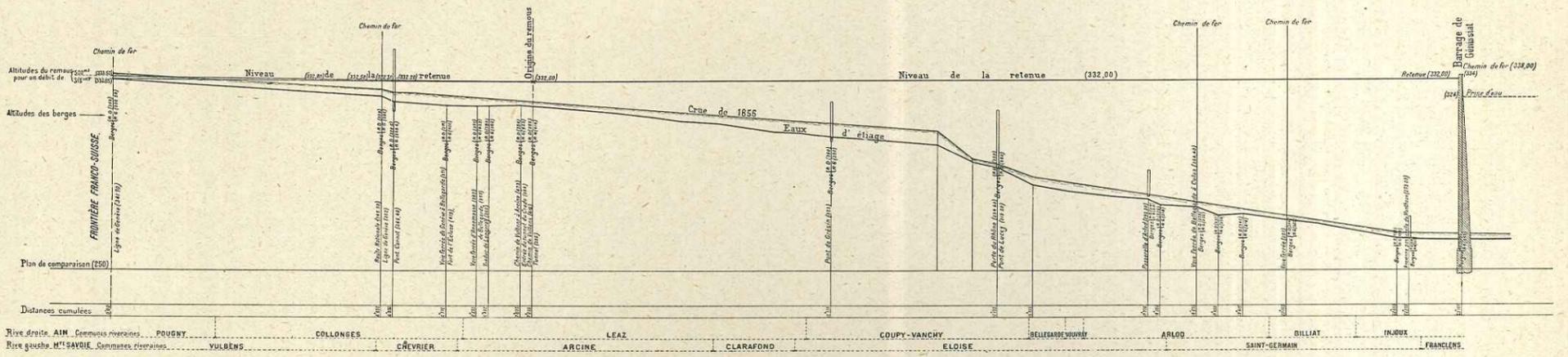


FIG. 5-6. — PROFIL EN LONG DU HAUT-RHÔNE FRANÇAIS ET VUE D'ENSEMBLE DE LA RETENUE

C'est la cote du débouché de cette galerie qui avait fait exprimer des réserves par la Commission mixte des Travaux publics, à l'époque où le Syndicat des forces hydro-électriques du Pont de Grésin demandait l'autorisation de créer une retenue¹. En aucun cas, l'altitude du remous ne devait dépasser 328,50 pour ne pas compromettre le libre écoulement des eaux de cette galerie d'assainissement, à moins que l'on ne trouve un procédé qui permît aux eaux de drainage de fonctionner normalement.

En examinant la coupe en long de la galerie d'assainissement, on remarque que sa pente, à partir de l'entrée de la source dans la galerie jusqu'au débouché de cette dernière dans le talus sous la voie, est plus que suffisante. La pente peut être relevée et le débouché de la galerie peut être porté à la cote de 332 mètres.

Cet obstacle n'existant plus, car il ne s'agit que de refaire une galerie dont le tracé peut être connu exactement à l'avance, examinons ce qu'il faudra faire pour que l'eau du bief ne puisse attaquer le sablon.

Ce sablon est sec, comme le sont en général tous les limons fins affleurant sur les pentes. Cela signifie que ce sablon est très poreux. On est donc en droit de craindre que, noyé, il ne tarde pas à se déliter. Une attaque du versant serait, sinon probable, du moins possible bien que, en général, l'eau stagnante forme par elle-même un appui dont on ne doit pas négliger l'importance. Mais comme le lac aura en hiver des variations de niveau, l'alternance répétée des submersions et des immersions pourrait être dangereuse.

Il est donc nécessaire de parer les limons d'un mur étanche, quelle que soit la longueur de ce mur, qui pourra avoir 700 mètres.

Par le fait qu'il existe sous les sablons une argile rigoureusement imperméable, ce n'est plus une difficulté que d'élever ce mur étanche, d'autant que ce n'est pas à proprement parler un mur de soutènement qu'il faut construire. Un simple diaphragme en béton armé bien chapé, ancré dans l'argile et couché sur le versant réglé, remplira toutes les conditions de stabilité et d'imperméabilité à exiger, en maintenant sa couronne à 335 mètres par exemple.

Ainsi donc, on peut vaincre cette difficulté plus apparente que réelle du noyage de la base du versant de terrain glaciaire sous la voie ferrée de la rive droite.

Il y aura à faire encore quelques autres travaux de défense : prolonger des perrés déjà existants, puis quelques murs de protection dans les ravinements.

II. — Du défilé de l'Écluse à la Perte du Rhône

A partir du viaduc de Longeray (fig. 25, p. 69), le Rhône se dirige vers le Sud pour décrire une grande boucle qui se termine en amont de la Perte du Rhône. Les versants du fleuve dominant celui-ci de plus en plus. Au pied de la chaîne du Vuache, ils sont constitués par des dépôts morainiques qui doivent s'appuyer sur les roches du Jurassique et du Crétacique. Lorsque le fleuve devient Est-Ouest, ses deux rives sont taillées dans les grès et marnes molassiques recouverts par des cailloutis fluvioglaciaires.

Dans toute cette région de la boucle du Rhône, la retenue n'avoisine aucun ouvrage

1. Rapport de la Commission de la Houille blanche, p. 19.

d'art important. L'imperméabilité de la cuvette ne soulève aucun doute. Nous avons examiné en partie cette région sans constater d'inconvénients spéciaux qui puissent s'opposer à la surélévation des eaux.

III. — Dispositions tectoniques de la région aval

Lorsque le Rhône sort de la région molassique, il traverse les couches du Gault, et, rencontrant les calcaires urgoniens, il se contracte subitement, s'encaisse entre des parois étroites, reste même invisible aux basses eaux sur quelques mètres sous des blocs éboulés: c'est le fameux phénomène de la Perte (fig. 7). La Perte est l'entrée amont d'un cañon, entièrement taillé dans les calcaires urgoniens, que le fleuve n'abandonnera qu'à environ 4 kilomètres en aval du barrage projeté de Génissiat (fig. 8-9 et pl. I).

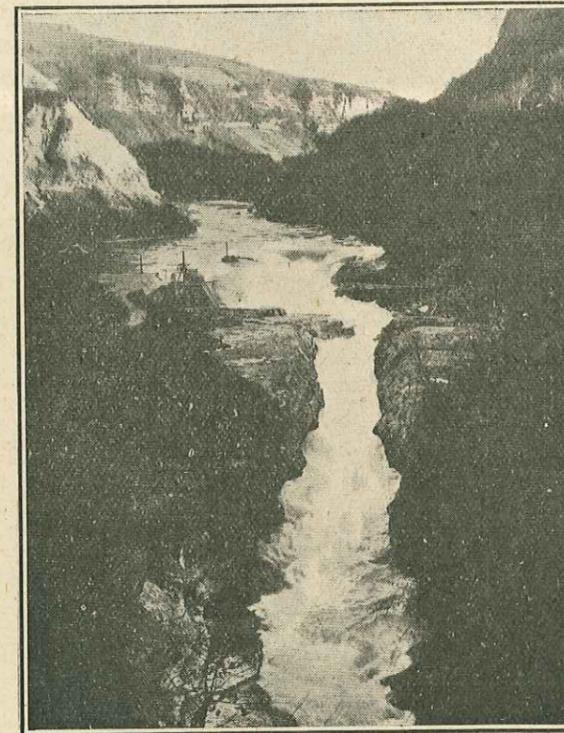


FIG. 7. — LA PERTE DU RHÔNE

Le défilé de la Perte est orienté S.E.-N.W. En aval, le fleuve décrit trois petites courbes pour prendre une direction moyenne N.-S.

Le défilé de la Perte est oblique à la direction des plis: le cañon N. S. est sensiblement parallèle à cette direction, mais bien que le Rhône s'écoule par ce cañon dans la grande dépression synclinale comprise entre l'anticlinal du Grand-Colombier et celui du Vuache, il n'occupe pas l'axe de ce pli synclinal (fig. 8).

Le cañon est situé parallèlement à l'axe du synclinal, il est taillé dans le flanc occidental du pli. *On doit donc considérer le cañon comme une vallée monoclinale.*

Ce n'est qu'en aval du confluent avec les Usses que le Rhône occupe exactement l'axe du pli.

En réalité, la grande dépression synclinale qui sépare l'anticlinal du Colombier de celui du Vuache n'est pas simple. *Elle est subdivisée en deux par un anticlinal.* Ce pli n'est autre que celui qui constitue la montagne du Gros-Faoug et qui, sous la molasse, va rejoindre l'anticlinal de Crédo au Nord du Rhône. La grande région molassique comprise entre l'anticlinal du Colombier et celui du Vuache est une sorte d'ombilic produit par l'ensellement de l'anticlinal du Gros-Faoug-Crédo.

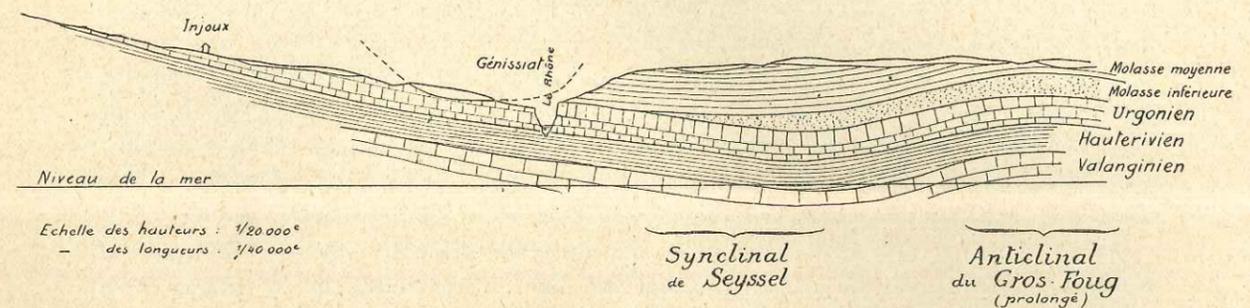


FIG. 8. — COUPE GÉOLOGIQUE DU COURS DU RHÔNE À LA HAUTEUR DE GÉNISSIAT
Longueurs : 1/40 000 ; hauteurs : 1/20 000.

L'arc décrit par les Usses au Nord de l'anticlinal du Gros-Faoug est une conséquence de la plongée axiale de cet anticlinal. Dans cette région arquée, la vallée des Usses est périclinale.

Le Rhône décrit un arc semblable, mais dont la convexité est inverse.

On sait que le Rhône, avant l'époque würmienne, passait par la corde de l'arc qu'il décrit aujourd'hui. Schardt et Kilian ont montré l'existence de cette ancienne vallée. A l'époque néowürmienne, le Rhône semble avoir obéi à une structure périclinale inframrainique, comme si de nouveaux mouvements tectoniques avaient remis à jour l'ancienne structure ou comme si l'anticlinal avait cherché à se prolonger vers le Sud, à partir du Crédo et du Gros-Faoug.

Mais nous n'avons pas à discuter dans ce mémoire l'origine de cet ombilic si singulier. Il importait cependant que nous connaissions sa structure profonde. Nous savons ainsi qu'à une certaine distance du cañon méridien du Rhône, les couches qui plongent vers l'Est doivent se relever pour former le flanc occidental de l'anticlinal caché sous les sédiments molassiques.

On peut tracer hypothétiquement l'axe du synclinal que nous appellerons *synclinal de Seyssel*, compris entre l'anticlinal souterrain et celui du Colombier. Cette ligne de plus basse altitude des couches, que ce soit l'Urgonien ou le Gault ou la molasse qui recouvrent ces deux terrains, passe à environ 2 km. 5 à l'Est du cañon ; elle devrait couper, en amont de la Perte, l'arc que décrit le fleuve en contournant les territoires des communes de Leaz et de Vanchy.

Dans la région du cañon, les couches plongent, en conséquence, transversalement à

celui-ci, c'est-à-dire vers la rive gauche, dans chaque partie où le cañon est à peu près rigoureusement Nord-Sud. Ce plongement des couches vers l'Est est très faible (fig. 9). Il est cependant très sensible à la Perte du Rhône.

Ces dispositions tectoniques générales connues, nous pouvons aborder un certain nombre de problèmes importants par la discussion à laquelle ils ont donné lieu.

IV. — Le cañon est une vallée d'érosion

Nous savons que dans les versants de la vallée on retrouve des alluvions qui démontrent qu'à une époque antérieure le Rhône s'écoulait sur une surface dans laquelle le cañon n'était pas entaillé, n'existait pas encore.

C'était, d'après Kilian, le Rhône interglaciaire de la période würmienne. Le thalweg de cet ancien Rhône s'était creusé selon les caprices des dispositions topographiques de l'époque. Sur cette ancienne surface, le fleuve divaguait quelque peu, ce qui explique la largeur que peuvent avoir ces alluvions. Le spectacle devait être à peu près semblable à ce que montre la vallée actuelle dans les environs de Culoz.

Puis le glacier est revenu, mais ses moraines sont restées dans les environs de Bellegarde en formant les monticules qui dominent cette bourgade. Le glacier s'est retiré encore et le Rhône, barré par ses moraines, s'arrêtait dans un petit lac où se déposaient les limons et argiles lacustres du défilé du fort de l'Écluse.

Enfin le glacier est revenu encore dans la phase d'avancement dite néowürmienne, mais les moraines n'ont guère dépassé l'aval du défilé du fort de l'Écluse. On ne trouve dans le cañon nulle trace de ces moraines néowürmiennes et nulle trace des alluvions de progression de cette phase d'avancement néowürmienne¹.

Comme, dans le cañon, il n'existe aucune trace de stries glaciaires, on peut être certain que les glaciers ne sont pour rien dans son creusement et on peut ainsi dater l'âge du début de la formation du cañon.

Le cañon a commencé à se creuser dès la fin ou pendant la période glaciaire würmienne.

C'est à notre confrère Kilian que nous devons ces déterminations rigoureuses et incontestables qui modifient les vues des anciens auteurs.

Comme le cañon se creuse encore en amont, soit à partir du défilé de la Glière jusqu'à la Perte, on voit que toute la fin de la période glaciaire et les temps modernes ont été nécessaires pour creuser cet étroit couloir non terminé à l'amont.

Ce travail actuel du creusement du cañon dans la région amont, où le recul est d'environ 70 mètres par siècle, nous montre ce qu'a été le mode de creusement de tout le cañon lui-même. C'est par érosion régressive que le phénomène s'est accompli.

Le phénomène de la Perte a rétrogradé peu à peu vers l'amont. La chute a dû se trouver à Génissiat, à la Glière, à Malpertuis, etc., comme elle se trouve aujourd'hui à Coupy-Bellegarde, et comme elle se trouvera plus tard en amont de sa situation actuelle.

1. Il existe sur la rive droite, au-dessus de Malpertuis, des alluvions assez basses qui sont peut-être néowürmiennes.

Le fait capital, en ce qui nous concerne, et qui découle de cette ancienne histoire du Rhône sommairement esquissée, est que son thalweg interglaciaire s'était fixé en long selon des dispositions topographiques de la vallée, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Ces dispositions topographiques ne coïncidaient pas avec l'axe du synclinal de Seyssel. Elles étaient quelconques et même à tel point indépendantes qu'à Bellegarde les couches étaient sciées dans le sens inverse de leur plongement.

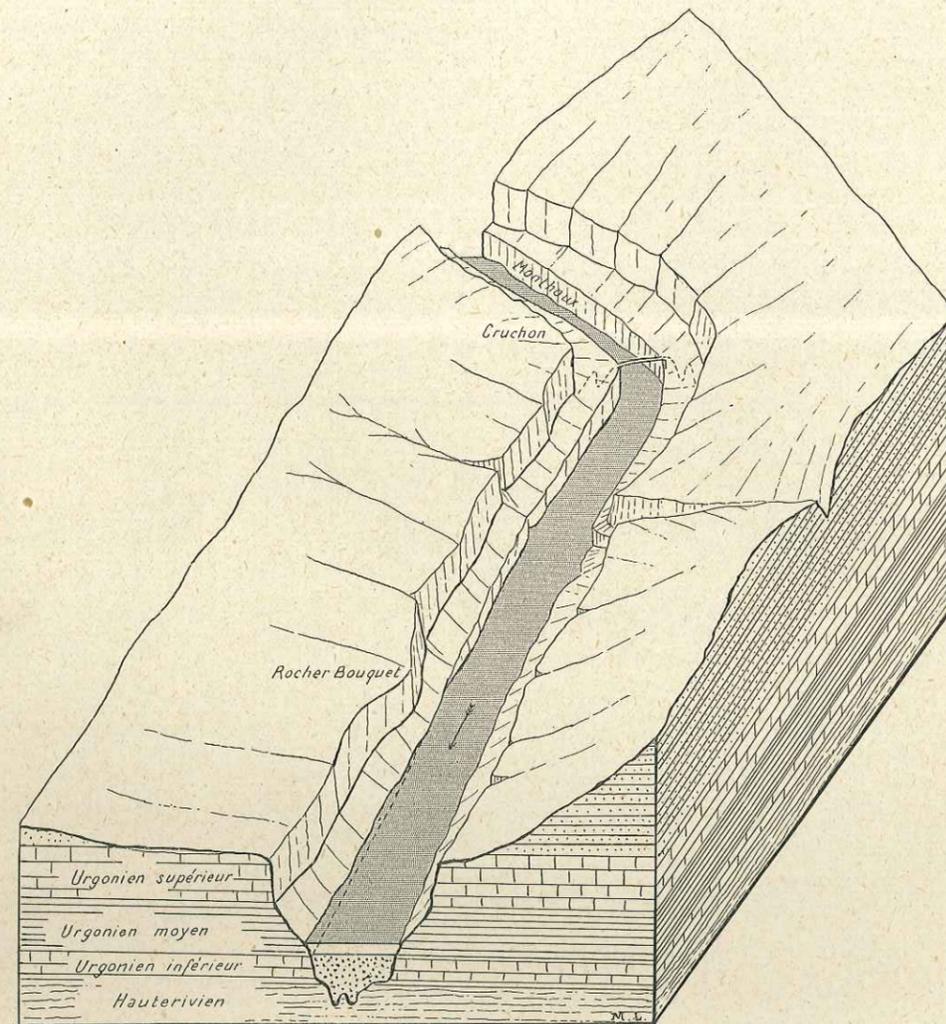


FIG. 9. — VUE SCHEMATIQUE DU CAÏON DU RHÔNE A GÉNISSIAT, MONTRANT LA DISPOSITION DES COUCHES

Lorsqu'un cours d'eau a choisi son thalweg et qu'il n'a pas encore fixé sa courbe d'équilibre, il continue à creuser son lit selon l'emplacement primitif. Rencontre-t-il une disposition des couches dissemblable de celle des couches de la surface topographique ancienne qu'il est obligé de s'y maintenir. C'est le phénomène bien connu de la *surimposition*.

Tout le cañon du Rhône est un thalweg surimposé. Y aurait-il eu, sous la molasse, du granite ou du gneiss, que le thalweg aurait dû s'y creuser comme il s'est creusé dans le calcaire urgonien. Le Rhône actuel aurait donc pu, entre Bellegarde et Seyssel, se trouver soit à gauche, soit à droite de son tracé actuel, si le Rhône de la fin de l'époque würmienne s'était trouvé soit à gauche, soit à droite.

C'est montrer que les dispositions tectoniques de l'Urgonien auraient pu être toutes différentes de ce qu'elles sont, et le Rhône aurait dû cependant les couper, sans pouvoir changer de place.

Au lieu de faire en amont du défilé de Monthoux un angle vers sa gauche, il aurait pu, tout aussi bien, en faire un dans l'autre sens.

Le Rhône, dans son cañon, est donc absolument indépendant de la structure générale (synclinal) et locale (failles, diaclases, etc.). Il serait vraiment extraordinaire que le cours du fleuve, qui a été dirigé par des causes qui n'ont rien à voir avec la présence de l'Urgonien, coïncide justement avec une longue fissure de ce calcaire. Telle est cependant la manière de voir de M. E.-A. Martel¹.

Il faudrait que cette cassure suive strictement tous les contours du cañon. On connaît des failles sinueuses mais pas à ce point et je dois avouer qu'après vingt ans de pratique du terrain je n'ai jamais su en voir.

Il est possible qu'en quelques rares points du cañon il puisse exister des fissures situées dans le cañon et parallèlement à celui-ci, mais grâce au fait que ce cañon est sinueux, on devrait alors voir quelque part dans les parois la trace de la prolongation de ces fissures plus qu'hypothétiques. Or, on ne la voit pas.

Mais au contraire, on peut démontrer nettement l'indépendance du cañon et des quelques diaclases ou failles visibles. Ainsi, immédiatement en amont de la Perte, existent des cassures, bien connues depuis les recherches de Renevier². Le Rhône les traverse sans se soucier de leur existence. A Malpertuis, on voit trois cassures, dont deux à peu près transversales (planche V) et une qui prend en écharpe le cañon (planche IV). Le fleuve ne paraît guère s'en apercevoir.

L'eau s'écoule des surfaces continentales vers la mer comme s'écoule l'eau de la surface d'un parapluie. On ne voit pas sur la surface du parapluie que des fentes soient nécessairement préexistantes pour que l'eau en dégoutte.

Le procès des vallées déterminées par des cassures est jugé depuis bien longtemps par les géologues et les géographes. Le percement des tunnels a montré que l'on pouvait passer sous des vallées sans trouver nécessairement une fissure à l'aplomb de la vallée dans le tunnel.

Le Rhône, avec sa puissance, avait une force bien suffisante pour creuser son lit sans avoir besoin de cassures toutes prêtes pour le recevoir.

Nous reviendrons plus loin sur cette question des fissures.

1. Aménagement du Haut-Rhône français, Bellegarde et Malpertuis; conférences faites dans la séance du 8 novembre 1911 devant la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. — Exposé général par M. P. MAUVERNAY. — Apports et ensablements du Haut-Rhône, par M. COUTAGNE. — Etude hydrologique par M. E. A. MARTEL.

2. E. RENEVIER. Mémoire géologique sur la Perte du Rhône. *Nouveaux Mémoires de la Soc. helv. des Sc. nat.*, 1853.

V. — Imperméabilité du cañon urgonien

Nous savons que les couches qui constituent le cañon calcaire plongent, selon un angle très faible, du versant droit vers le versant gauche.

Cette disposition régit les conditions de distribution de l'eau souterraine : il ne peut y avoir que deux cas :

- 1° De la rive droite, les eaux souterraines doivent pénétrer dans le cañon ;
- 2° De la rive gauche, les eaux du cañon pourraient se perdre.

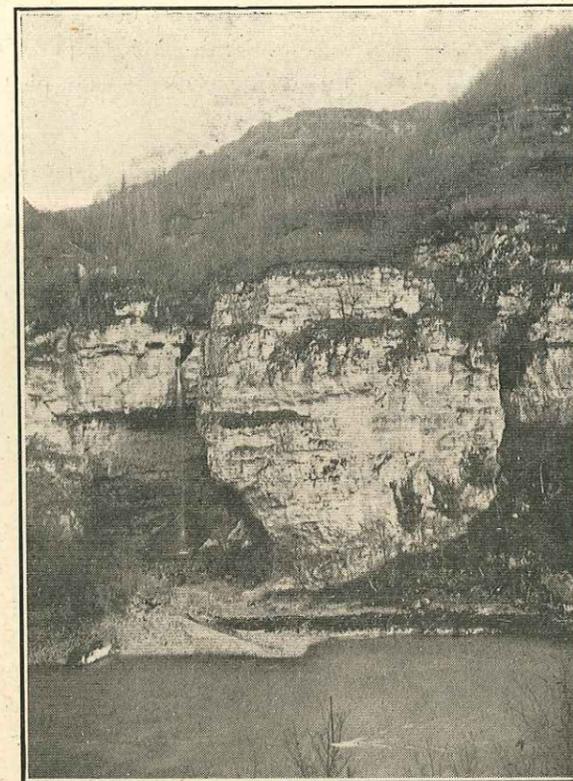


FIG. 10. — LA CASCADE DU MOULIN GABET

Dans son rapport de la Commission de la Houille blanche, M. Delafond, en parlant des sources du cañon, s'exprime comme suit : « Or, d'après les renseignements recueillis, on n'observerait que deux petites sources de faible débit entre Génissiat et Seyssel situées, l'une à Volant, l'autre à Bassy. Il faut en conclure que les terrains de nature assez complexe qui s'observent dans la partie centrale de la cuvette de Bellegarde sont peu perméables ».

Cette phrase m'avait conduit à ne faire aucune recherche spéciale dans le cañon, et j'ai dit qu'il n'y avait aucune source sur la rive gauche et qu'il était surprenant

qu'il n'y en ait pas sur la rive droite. Depuis lors, j'ai inspecté soigneusement le cañon. Cette recherche m'a montré que les sources étaient bien absentes sur la rive gauche, ou ne consistaient qu'en suintements insignifiants, mais qu'elles étaient plus fréquentes sur la rive droite, c'est-à-dire sur le versant où elles ne peuvent présenter aucun inconvénient.

A. — SOURCES DE LA RIVE DROITE

1° SOURCE DU CHÂTEAU DE GÉNISSAT. — Petite source sortant d'une fissure à quelques mètres sous le Château. Cette source superficielle se trouble de temps à autre, elle est située en dehors du bassin de la retenue.

2° SOURCE DU SONDAGE N° 1. — Petite source mise à jour par les terrassements du premier sondage diamanté. Son vrai point d'émergence est au pied de la paroi supérieure.

3° SOURCE DU SENTIER DE L'ÉCHELLE. — Petite source dans la paroi, à quelques mètres au-dessous de la plateforme qui soutiendra le canal de fuite, elle sera coupée par les travaux (Voir pl. III).

4° SOURCE EN FACE DU RUISSEAU GABET. — A la cote de 266 sort une petite source un peu au-dessus du Rhône. Elle paraît formée par la résurgence d'eau qui suinte dans la paroi dominante, en partie par de la vraie eau de source (fig. 10).

5°. — Le long du nouveau sentier qui rejoint la passe de Monthoux au Paradis on voit, dans un abri sous roche (grotte de Bressanne), un griffon sec avec trace de tuf. Peut-être y a-t-il de temps en temps un peu d'eau qui en sort.

6° SOURCES DE MALPERTUIS. — Un peu en aval de l'étroit de Malpertuis jaillissent trois sources qui sortent d'un épais banc de calcaire (couche C des profils détaillés, voir plus loin). Elles sont situées à peu près au-dessous d'une des fenêtres du tunnel du chemin de fer. Elles chutent dans le Rhône d'une hauteur de 15 à 20 mètres. Ces trois venues d'eau sont très sensiblement situées sur le même plan, elles constituent donc une seule source avec trois points d'émergence. Le débit de ces sources est considérable et peut être estimé de 3 à 5 000 litres-minute.

7° SOURCE DU RUISSEAU DE CHANTE-AVRIL. — Le ruisseau de Chante-Avril tombe en cascade dans le Rhône. Dans le bas de sa cascade, sur son côté droit, à 1 m. 50 au-dessus du niveau du fleuve sort une source, de 1 000 litres-minute au moins. Elle jaillit d'une diaclase oblique qui coupe la cascade.

Telles sont les sources de la rive droite. Il est fort probable qu'il en existe dans le lit du fleuve, mais celui-ci formant niveau de base aux eaux souterraines il y a de grandes probabilités que ces sources immergées soient peu nombreuses.

Les grottes signalées dans cette rive droite ne sont que des abris sous roches.

B. — SOURCES DE LA RIVE GAUCHE

On voit, de place en place, suinter un peu d'eau dans les rochers. Ces petites venues d'eau sont en général dominées par des ruisseaux qui se perdent dans les éboulis. Dans le défilé de Monthoux seul on voit couler quelque peu d'eau que l'on peut attribuer à une vraie source.

Un peu en amont du Paradis on observe une grande diaclase verticale. Dans sa partie inférieure elle est baillante et montre l'ouverture du chenal. A 5 mètres en aval, il existe une deuxième diaclase. Des traces d'humidité montrent qu'il en sort quelquefois de l'eau.

Ce sont là les seules sources que j'ai pu observer dans le cañon urgonien en amont du barrage projeté de Génissiat.

C. — DIACLASES

Puisque les diaclases peuvent parfois donner de l'eau et, inversement, être absorbantes, il est également fort intéressant de les connaître.

Une première diaclase est visible sur la rive gauche, immédiatement en aval du parcement aval du barrage projeté à Génissiat. Nous verrons plus loin qu'elle n'est due qu'à l'existence d'un bloc en voie de détachement.

Bien des diaclases que l'on observe dans le cañon n'ont que la même origine, ainsi, certaines fentes visibles dans la région élargie du Paradis. D'autres sont réellement de vraies cassures tectoniques qui coupent toute la hauteur des parois, mais elles sont peu nombreuses.

Il est utile de noter que la région de Génissiat ne montre aucune diaclase très loin vers l'aval et, ce qui importe plus, très loin également vers l'amont. Ce n'est qu'en amont du Paradis, soit à 1 250 mètres en amont du barrage de Génissiat que les diaclases commencent à apparaître. Plus loin, on en voit encore et particulièrement dans la région de Malpertuis. Il y en a deux qui sont baillantes, en aval des rapides, dans l'étroit défilé (planche V), puis une autre beaucoup plus importante. Elle prend en écharpe le thalweg et se dirige directement en amont dans la direction du barrage projeté (planche IV).

A Bellegarde enfin, existent deux failles visibles et repérées par Renevier. Rien n'indique qu'il ne s'en trouve pas d'autres invisibles sous le revêtement molassique dans la région où devait s'élever le barrage projeté.

VI. — Conséquences actuelles et conséquences d'avenir

En vertu de l'inclinaison des couches, le Rhône, dans son cañon, reçoit donc des sources sur sa rive droite presque exclusivement. De ce côté rien n'est à craindre pour l'imperméabilité du lit du fleuve. Mais quelle sera l'action produite par la retenue ?

Sous l'Urgonien existe l'étage hauterivien, constitué par des calcaires marneux

imperméables. Ces couches sont connues en dehors du cañon et nous les avons rencontrées dans les sondages au diamant que nous avons pratiqués à Génissiat (fig. 9).

D'après l'épaisseur des couches de l'Urgonien, que l'on peut repérer tout le long du cañon, il est possible, à quelques décimètres près, de connaître le niveau de l'Hauterivien. Ainsi, à Malpertuis, ce terrain doit se trouver à 243 mètres d'altitude soit à 27 mètres au-dessous de la surface supérieure de la couche calcaire qui forme le plateau dans lequel est taillé le couloir. D'après la Carte géologique, on voit ressortir cet Hauterivien (selon une ligne normale à la direction du synclinal de Seyssel) vers l'altitude de 680 mètres, près de Chaix (au Nord-Ouest d'Injoux). Connaissant ainsi l'angle moyen d'inclinaison de l'Hauterivien, on peut calculer qu'à environ 950 mètres de distance du cañon, cet Hauterivien doit se trouver à la cote de 332 mètres, soit au niveau de la future retenue.

L'action de la retenue sera donc de refouler l'eau des sources dans leurs canaux souterrains jusqu'à environ 950 mètres de l'axe du bief. En ce qui concerne les sources de Malpertuis, les sources se mettront légèrement en charge. Le pire qui pourrait survenir pour les grosses sources de Malpertuis serait de les voir jaillir dans le tunnel du chemin de fer et s'écouler librement par les radiers.

On pourrait, il est vrai, supposer que les sources refoulées et l'eau pénétrante du fleuve (ou disons de la retenue) profitent d'un réseau de diaclases anastomosées se répartissant sur une épaisseur de plus de 2000 mètres de roche (distance entre Malpertuis et Génissiat) et viennent à contourner le barrage. Mais pourquoi les sources de Malpertuis n'auraient-elles pas déjà profité d'un tel chemin ? C'est que ce chemin n'existe pas, ainsi que le démontre l'absence complète de diaclases sur plus d'un kilomètre du barrage vers l'amont.

Il n'y a donc rien à redouter de ces grosses sources de Malpertuis et de Chante-Avril puisque leur bassin d'alimentation est au-dessus du niveau de la retenue.

Nous connaissons la structure des couches sur la gauche du cañon. Nous savons que le thalweg du synclinal de Seyssel se trouve à environ 2 km. 5 du fleuve au droit de Génissiat. En ce point, l'angle creux des couches urgoniennes doit se trouver à environ 175 mètres d'altitude.

En admettant que les diaclases du versant gauche fassent entre elles un réseau anastomosé qui se prolongerait jusqu'à l'angle creux, l'eau de pénétration s'accumulerait dans ce chenal souterrain. Or, nous savons, par l'étude sur les dispositions tectoniques, que la région, à l'Est du cañon, est disposée en ombilic : le pli anticlinal du Gros-Faug y plonge pour n'en ressortir que dans le Crédo. L'eau qui pénétrerait jusqu'à l'axe du synclinal s'y trouverait enfermée dans une cuvette constituée par des couches plongeant dans toutes les directions et dont l'une d'elles (Hauterivien) est imperméable.

Dans ce réservoir souterrain continuellement nourri, l'eau devrait déborder quelque part, nécessairement du côté du point bas de la cuvette, point bas qui doit se trouver du côté sud de l'ombilic. De nombreuses sources devraient donc exister sur la rive gauche du Rhône, entre Pyrimont et Bassy, et sur la rive droite des Usses. M. Delafond signale à Bassy l'existence d'une source de faible débit et une autre à Volant. Ce seraient là les émergences de cette vaste cuvette souterraine. Il faut convenir que

ce sont des émergences bien modestes, ce qui nous démontre que, si l'eau du Rhône parvient à pénétrer dans son versant gauche, elle le fait en quantité insignifiante.

Nous avons plusieurs fois, aux basses comme aux hautes eaux, examiné quelques diaclases qui arrivent jusque dans l'eau du fleuve, en particulier celles de Malpertuis qui sont facilement abordables. Je n'y ai jamais vu la moindre trace de tourbillons absorbants; l'eau passe à côté de ces diaclases sans s'en soucier.

Du reste, si l'eau pouvait pénétrer dans cette rive gauche, elle aurait dû y creuser des grottes à divers niveaux; or, nous ne connaissons aucune entrée de conduit souterrain.

On peut donc déclarer que, dans l'état actuel, la cuvette urgonienne est bien étanche sur le versant gauche comme elle l'est pour le droit.

En sera-t-il de même lorsque le plan d'eau sera relevé par le barrage? Nous n'avons aucun doute à ce sujet. Le Rhône, en fixant son lit, en creusant son cañon, devait se trouver autrefois, pendant un temps relativement court, il est vrai, à la hauteur du futur plan d'eau. A cette hauteur, il n'a pas cherché à s'échapper par voie souterraine, car aucune grotte, ainsi que nous le disions plus haut, n'est signalée dans le versant gauche. Je ne connais qu'une diaclase béante (à part celles de Malpertuis). Elle est en amont du Paradis. L'ouverture est au-dessus du niveau actuel, ce qui montre bien que le Rhône n'en a pas profité puisqu'il a abandonné cette bouche qui pénètre certainement peu profondément dans la paroi.

Le Rhône a donc de tout temps été hermétiquement enfermé dans les parois de son cañon et nous ne voyons aucune raison pour qu'il s'en écarte lorsque son niveau aura été relevé.

VII. — L'hypothèse de l'existence de diaclases longitudinales dans le lit du fleuve

Pendant longtemps, au début de la géologie, peut-on dire, alors que l'on n'avait que des notions assez vagues sur la puissance de l'érosion, avant que Lyell ait établi le principe des causes actuelles, les naturalistes expliquaient les vallées comme le produit de cassures, diaclases ou failles que les cours d'eau n'auraient fait qu'élargir.

Cette hypothèse fut combattue déjà par Rutimeyer, par Heim, par Tietze, par Davis, par Penck, par de la Noé et de Margerie, etc.

C'est une idée instinctive, ai-je écrit, qu'ont encore beaucoup d'auteurs, qui ne sont pas familiarisés avec les problèmes résolus par une série de géologues, que les vallées doivent coïncider avec des cassures. Le cañon du Rhône, si étroit par places, paraît se prêter particulièrement à cette ancienne théorie.

Cette théorie a été soutenue dernièrement par M. E.-A. Martel, dans la conférence qu'il a faite à Lyon, en novembre 1911.

Voici les phrases écrites par le savant spéléologue: « Dans le lit même du fleuve, deux grandes cassures, au moins, ont provoqué les étroits de la Perte et de Malpertuis, le phénomène est du même ordre, mais réduit ». Et plus loin: « C'est précisément l'existence de ces cassures conjuguées en deux systèmes obliques, l'un sur l'autre (comme

l'a expliqué Daubrée et comme l'ont prouvé les cavernes), qui a permis au Rhône et à la Valserine de devenir en trois points une tranche d'eau verticale étroite au lieu d'un courant horizontal et large, bref, de remplacer la largeur par la profondeur ».

Et enfin, M. Martel ajoute : « ... Je me refuserais à discuter avec les géologues qui persistent à nier ces évidences définitivement acquises ».

Nous regrettons d'être en désaccord complet sur cette hypothèse avec M. Martel, ainsi d'ailleurs que beaucoup de nos confrères.

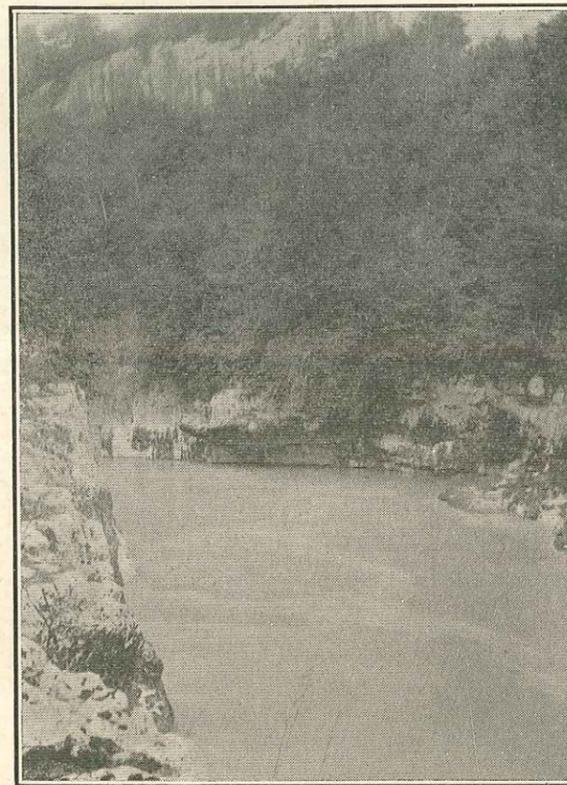


FIG. 11. — LA PASSE DE MONTHOUX

Il y a une très grande différence entre l'érosion *superficielle* et l'érosion *souterraine*. Pour que l'eau puisse pénétrer dans une roche, il est nécessaire qu'elle trouve un chemin préparé ou qu'elle avance peu à peu en dissolvant des matières. Il est donc tout naturel que l'eau souterraine filonienne suive des cassures préexistantes qu'elle élargit peu à peu par dissolution. Mais l'eau superficielle s'écoule et choisit sa voie d'après les pentes de la surface. Elle n'a nul besoin d'un chemin préparé dans l'intérieur de la roche. On ne saurait donc expliquer l'érosion superficielle par des phénomènes internes.

Affirmer que les étroits de la Perte (fig. 7, p. 20) et de Malpertuis (planche VI) coïncident avec des fissures, c'est émettre une hypothèse qui ne se base sur aucun fait local observé, pour la seule raison que la cassure hypothétique est à jamais invisible.

Mais il est, par contre, possible de démontrer que la présence de ces cassures hypothétiques se répéterait chaque fois que le cours d'eau coupe une couche que l'on peut parfaitement déterminer, et qui est toujours la même.

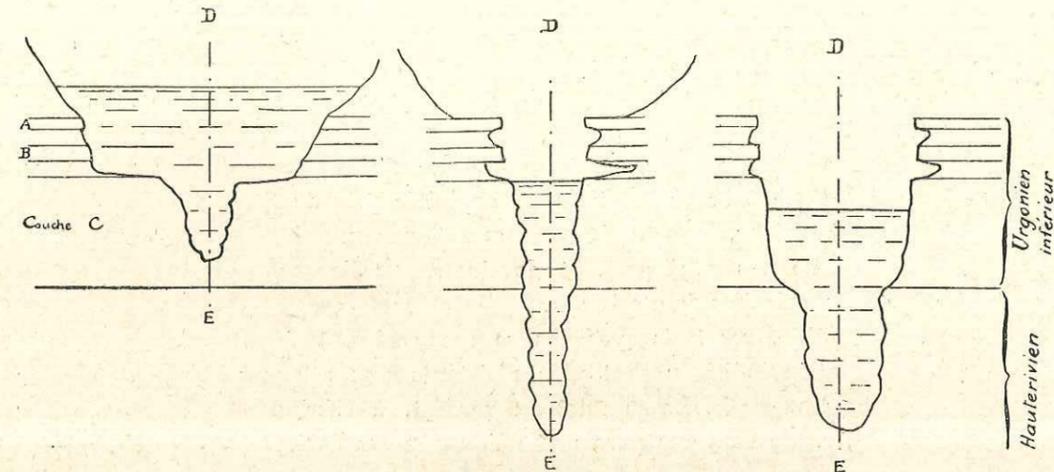


Fig. 12. — 1^{er} stade. L'eau rencontrant la couche C, le phénomène de l'Étroit se prépare (stade en amont des rapides de Malpertuis et en amont du Pont des Oules, Valserine).

Fig. 13. — 2^e stade. Cherchant sa couche d'équilibre, le fleuve a formé l'Étroit (stade de Malpertuis et des Oules).

Fig. 14. — 3^e stade. Les mouvements tourbillonnaires élargissent l'Étroit (stade de la Glière et de Monthoux).

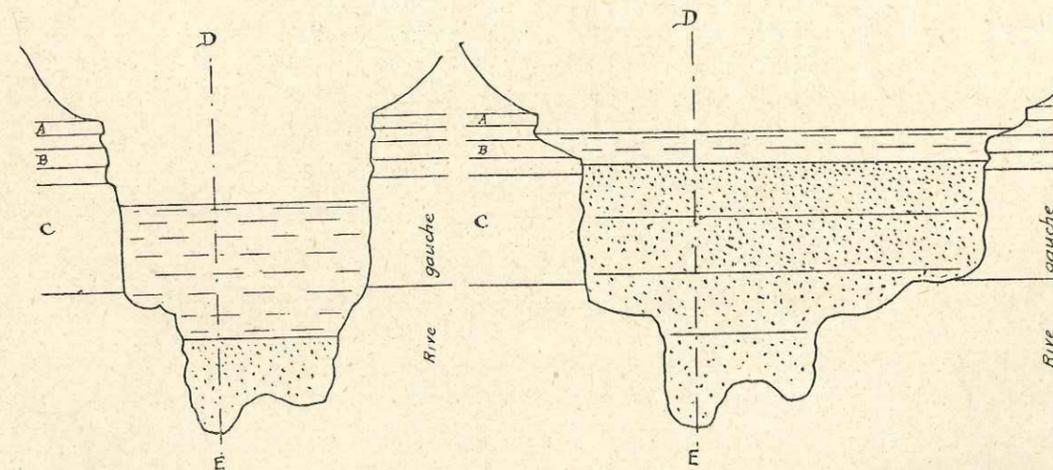


Fig. 15. — 4^e stade. La région inférieure de l'Étroit est terminée. L'alluvionnement commence à se faire sentir (stade partiel de la Glière, stade partiel de Monthoux). L'Étroit s'est élargi vers la rive gauche en vertu de la faible inclinaison des couches vers la gauche.

Fig. 16. — 5^e stade. L'alluvionnement progresse : l'abattage latéral élargit l'Étroit en haut, mais l'alluvionnement conserve la forme du 4^e stade en bas. Peu à peu, le comblement est total. La légère inclinaison des couches (insensible sur le dessin) de la droite vers la gauche, a continué à faire émigrer la rive gauche (stade actuel de Génissiat).

FIG. 12 A 16. — SCHÉMAS EXPLIQUANT L'ÉVOLUTION DU CAÏON DU RHÔNE.

Il n'y a pas sur le Rhône que les deux étroits dont parle M. Martel. Il y en a un troisième qui est le défilé de Monthoux (fig. 11 et planche VII), long de plusieurs centaines de mètres, et où le Rhône n'a guère plus de 10 mètres de large. Cet étroit est

immédiatement en amont de Génissiat. Avec le phénomène semblable que montre la Valserine au Pont-des-Oules (planche VII), cela fait quatre exemples réunis dans un petit territoire.

Il est aisé de démontrer que ces étroits sont de purs phénomènes d'érosion (fig. 12 à 17).

L'Urgonien de la région est subdivisible en trois :

1° L'Urgonien supérieur, constitué par des calcaires durs, alternant avec des couches plus tendres, plus crayeuses.

2° L'Urgonien moyen, constitué par une prédominance de calcaires tendres, crayeux, oolithiques. C'est la pierre blanche, exploitée près de Génissiat.

3° L'Urgonien inférieur, constitué au sommet par un banc remarquablement compact (couche C de nos sondages), et dominant des bancs plus tendres qui passent peu à peu aux calcaires hauteriviens.

Dans la topographie, ces trois systèmes se reconnaissent facilement. L'Urgonien supérieur et l'Urgonien inférieur sont plus résistants aux attaques de l'érosion. Ils forment volontiers des parois. Le sommet du versant, à Génissiat, est constitué par l'Urgonien supérieur. Ce sont ces parois que l'on observe également aux environs de Bellegarde.

L'Urgonien inférieur, moins visible dans la région, forme la paroi en partie immergée du défilé de Monthoux et celle qui, dans la même situation, forme le défilé de la Glière (planche IV), en aval de Malpertuis.

L'Urgonien moyen, plus attaqué par les agents atmosphériques, forme plus facilement des versants inclinés, rarement abrupts, à moins que l'attaque des bancs soit rapide. Le versant incliné sous la paroi supérieure, à Génissiat, est taillé dans ces bancs tendres.

Ainsi, la partie supérieure de l'Urgonien supérieur et la partie supérieure de l'Urgonien inférieur se conduisent semblablement l'une à l'autre, vis-à-vis des phénomènes du façonnement des versants.

Or, cette ressemblance se révèle également dans l'érosion fluviale : *les quatre étroits sont taillés l'un, celui de la Perte, dans l'Urgonien supérieur et les trois autres dans l'Urgonien inférieur.*

A l'étroit de Malpertuis, le Rhône se contracte instantanément à la rencontre de la couche C'. A Monthoux, le fleuve est réduit à 10 mètres à la traversée de la couche C et il prend une largeur de 50 mètres lorsqu'il abandonne ladite couche. La Valserine est réduite à un étroit couloir, au Pont des Oules, lorsqu'elle traverse la même couche.

Ainsi, chaque fois que ces deux cours d'eau doivent couper la couche C, leur veine liquide se contracte, et elle ne se contracte que là et dans l'Urgonien supérieur qui présente la même constitution pétrographique.

Il serait donc extrêmement étrange, que chaque fois que la couche C est coupée par les deux cours d'eau, une diaclase longitudinale se présente.

Non, les étroits sont exclusivement des phénomènes d'érosion, sans l'aide d'un

1. Voir plus loin la numérotation des couches.

d'un phénomène tectonique quelconque. On peut en faire la preuve absolue au Pont des Oules. Sur le plateau, criblé de marmites de géants, existent deux diaclases sensiblement parallèles à la Valserine. Le cours d'eau coupe ces diaclases sans se soucier absolument de leur existence. Et, mieux encore, dans le lit desséché du Pont des Oules, qui montre le fond en roche nue en plusieurs points, il n'existe aucune trace de cassure. Nulle part, il n'est possible de mieux démontrer l'indifférence parfaite de l'érosion fluviale et des diaclases préexistantes (pl. VIII).

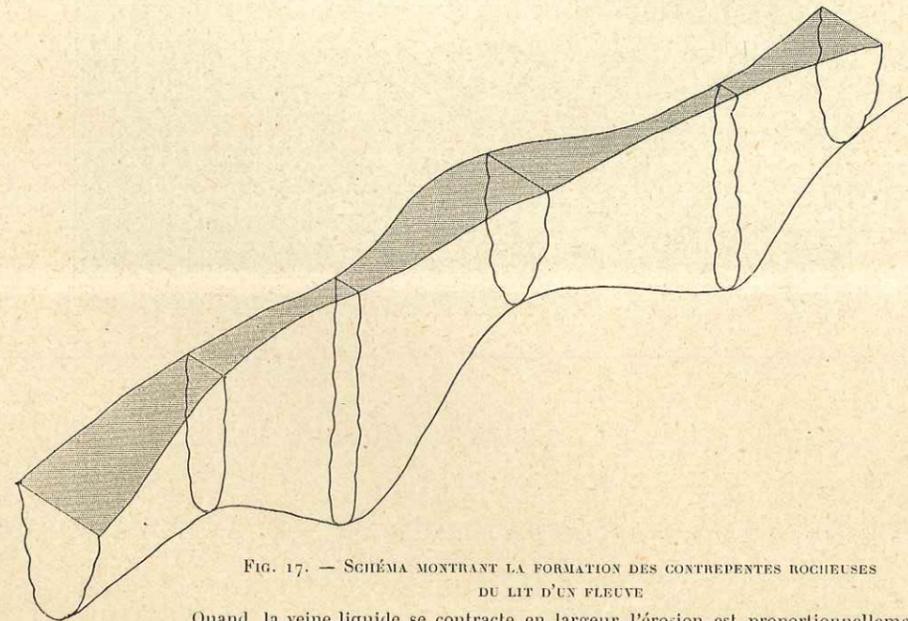


FIG. 17. — SCHÉMA MONTRANT LA FORMATION DES CONTREPENTES ROCHEUSES DU LIT D'UN FLEUVE

Quand la veine liquide se contracte en largeur l'érosion est proportionnellement plus profonde. La contraction dépend de l'inégalité de résistance aux mouvements tourbillonnaires d'une ou plusieurs couches.

Il ne saurait donc exister de fissure longitudinale dans les étroits du Rhône et de la Valserine et je regrette que mon honorable contradicteur se refuse « à discuter avec les géologues qui persistent à nier ces évidences définitivement acquises ». Les preuves peuvent, en outre, être faites également par la photographie, selon une méthode que préconise beaucoup M. Martel (voir les photographies des planches IV, V, VI, VII).

Voici donc démontrée une fois de plus l'indépendance complète entre le thalweg fluvial et les cassures.

On peut ajouter que si cette hypothèse des cassures était nuisible au projet du grand barrage de Génissiat, elle serait également néfaste pour les projets de la Société de Bellegarde, puisque M. Martel voit deux cassures directement en aval et, en conséquence, sous les deux ouvrages proposés par cette Société.



FIG. 18. — LE NAUFRAGE DU PONTON, CRUE DU 6 OCTOBRE 1909

CHAPITRE III.

ÉTUDE DU SITE DE GÉNISSIAT AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

I. — Introduction

Dans l'étude sur les conditions nécessaires pour l'implantation d'un barrage, nous sommes arrivés à la conviction que le projet de Génissiat était techniquement et topographiquement le meilleur. La Commission de la Houille blanche ayant donné sa préférence à la variante dite « du Rocher Bouquet » (fig. 9, p. 23), il devenait important de connaître la profondeur du lit rocheux, la constitution des couches immergées, celle des couches émergées, la nature des roches du canal de fuite, etc., dans le voisinage de ce Rocher Bouquet.

Dans tout le cañon, aucun sondage n'avait été fait pour déterminer la profondeur du lit rocheux. Quelques estimations de l'épaisseur de la tranche d'eau avaient été faites à Malpertuis et dans le défilé de Monthoux. On était dans l'ignorance complète de la forme et la profondeur du thalweg rocheux. Dès lors, à part nos recherches, rien de sérieux n'a été fait. Le profil rocheux en long publié par M. Martel ne paraît pas offrir toutes les garanties désirables. Il a été établi en se basant sur des mesures faites à la corde ou à la barre à mine. M. Boissonnas nous a confié que l'opération

de sondage, faite dans l'étroit de Malpertuis en 1911, avait duré deux jours. Elle était faite pour vérifier des sondages antérieurs. Quant aux sondages indiqués par M. Martel en amont de Malpertuis, nous ne voyons pas très bien comment on a pu placer un ponton dans cette région si impétueuse, et il en est de même pour les deux opérations effectuées à 150 mètres en amont et en aval de la passerelle d'Arlod. Il est donc difficile d'admettre tel quel le profil longitudinal publié par l'honorable spéléologue.

II. — De la numérotation des couches et de leur résistance différente à l'érosion

Nous savons que l'Urgonien se divise en trois. A Génissiat (pl. I et II), l'Urgonien moyen est entièrement émergé ; l'Urgonien inférieur sort de l'eau exactement à Génissiat, s'élève peu à peu vers l'amont au-dessus du niveau du fleuve pour occuper son point culminant dans l'élargissement du Paradis. De là vers l'amont, les couches disparaissent de nouveau tour à tour sous les eaux. Cette disposition est due à un léger bombement transanticiplinal.

C'est à partir de Malpertuis que la série moyenne disparaît à son tour.

La série inférieure est constituée comme suit :

Couche A, résistante à l'érosion, en saillie.

Couche A', tendre à l'érosion, en creux.

Couche B, résistante, en saillie.

Couche B', tendre, en creux.

A quelques centimètres près, ces couches ont une épaisseur constante. Là où elles commencent à émerger dans leur totalité, elles ont ensemble une puissance de 6 m. 20 et, un peu plus en amont, 5 m. 90. La couche B paraît augmenter légèrement de puissance vers l'aval.

La couche B' est particulièrement attaquable par les agents de l'érosion. Il s'y forme des abris sous roche qui peuvent atteindre jusqu'à douze mètres de profondeur, c'est-à-dire que B peut être, par places, en porte-à-faux de 12 mètres. Ce phénomène est bien connu et a été attribué généralement à l'action exclusive de l'eau courante. Nous verrons que l'eau courante n'est pas seule active dans cette formation des encorbellements.

Au-dessous de B' est la couche calcaire C, très résistante. Sous C existe un certain nombre de bancs dont nous avons mesuré la puissance dans la partie amont du défilé de Monthoux, rive droite.

On a :

Couche C	11 m. 80
Couche K	0 m. 60
Couche L	1 m.
Couche M	2 m. 60
Couche N	1 m. 50

Ces couches K à N ne sont pas abordables. Nous les avons mesurées par visées et à la corde.

Sur la rive gauche affleurent encore quelques bancs dont l'épaisseur a été estimée. Ce sont :

Couche O	1 m.
Couches P, Q, R.....	2 m.

La couche C est celle qui résiste le mieux à l'érosion fluviale. C'est elle qui forme l'abrupt vertical de l'ancienne passerelle de Monthoux.

Dans la partie amont du défilé de Monthoux, la couche C est en saillie sur les autres couches qui sont en creux.

Ces données nous seront utiles à la fois dans l'étude du lit alluvionné et dans nos recherches sur les roches immergées.

III. — Étude du lit rocheux du fleuve

Pour connaître la forme du lit rocheux, on songea tout d'abord à pratiquer des sondages au trépan avec puits tubés. On avait installé sur le fleuve deux pontons côte à côte. Le tube descendait entre les deux pontons, amarrés solidement à la rive par des câbles. Pour manier les pontons, les câbles arrivaient à des treuils fixés sur ces pontons.

Les variations rapides de niveau rendaient le travail difficile. Puis un jour, des bois flottants brisèrent le tube et ce système de forage dut être abandonné.

L'insuccès du sondage tubé fit proposer le sondage à la barre métallique (fig. 18), avec des rails éclissés, le premier rail taillé en pointe. Les éclisses ordinaires n'étaient pas suffisantes, on prit des éclisses plus allongées et le fixage se fit au rivet avec de l'acier suédois, car les écrous se brisaient.

La hauteur de chute du bélier était de 4 mètres. Les rails étaient battus à refus. Le nombre de coups de béliers par sondage fut variable, tant à cause de la résistance inégale de l'alluvion que du poids du bélier employé. Le nombre de coups varia de 1 000 à 4 604 par colonne. Pour le profil amont, il fut frappé, par exemple, 18 046 coups de bélier.

Les rails une fois enfoncés, il était nécessaire de les couper au ras de l'alluvion, afin que les pontons puissent être placés sur un nouveau point de recherche. Nous avons essayé de les couper à l'explosif, mais sans succès. Sous une épaisseur d'eau de 3 et 5 mètres, une couronne de dynamite n'avait aucun effet. Finalement, les rails furent brisés à la traction.

Nous avons cherché à connaître aussi rigoureusement que possible les profils du lit rocheux sous l'emplacement des deux murs de garde. Nous pensions enfoncer des rails tous les 5 mètres, mais la similitude de forme des profils obtenus dans les deux lignes de sondage nous a permis d'économiser quelques colonnes (pl. II).

La forme du lit rocheux, sous une épaisseur considérable d'alluvion, est la même dans les deux profils. Il existe une sorte de lit majeur qui s'arrête entre les cotes 245 et

246 mètres, et un lit mineur, étroit de 17 mètres environ, dont la profondeur est variable. Sur le profil amont, ce lit mineur rocheux descend à la cote 231, tandis que sur le profil aval, situé à 59 mètres du précédent, la profondeur ne dépasse pas la cote 237,13. Il y a donc une contre-pente rocheuse dans le lit enseveli, phénomène inattendu et assez nouveau. On a signalé quelques contre-pentes dans d'autres cours d'eau, mais aucune n'a été étudiée avec la méthode que nous avons employée, et il est fort probable que, la plupart du temps, on a confondu le sol d'alluvion avec le sol rocheux (fig. 17, p. 33).

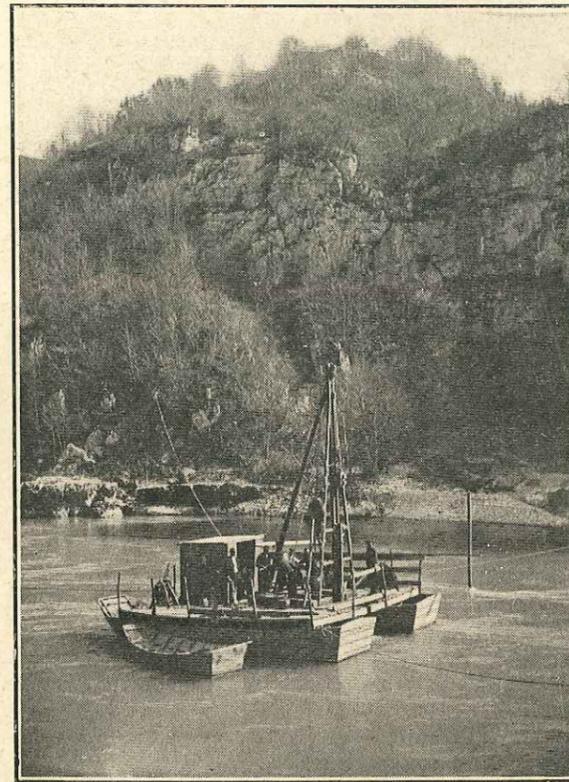


FIG. 19. — SONDAGE AU RAIL DANS LE LIT DU RUÔNE

Si l'on ajoute, à l'épaisseur d'alluvion, la tranche d'eau moyenne, celle qui est assurée pendant à peu près la moitié de l'année, on arrive, pour le profil amont, le plus profond, à une épaisseur de 31 m. 10. Ce n'est pas l'épaisseur limite du travail en caisson ; on en approche, mais ce qui est important, c'est que le travail est parfaitement exécutable.

On nous a reproché le nombre insuffisant des sondages sur chaque profil transversal. M. Martel dit même que le profil en travers doit être « établi sans aucun intervalle ». On conviendra sans peine que cette méthode préconisée par M. Martel est quelque peu exagérée et on voit que l'honorable spéléologue ne paraît pas se douter des difficultés que présente ce genre de travail. Et, de plus, il n'y a aucune raison pour que ce système soit indispensable à Génissiat alors qu'il est superflu pour Malpertuis, où les sondages faits à la corde ont paru suffisants. Des mois nous ont été nécessaires pour étudier

nos profils en travers, alors que le profil de Malpertuis a été, semble-t-il, établi en deux jours, en 1911.

Devant les profondeurs considérables rencontrées dans le profil amont, et avant de faire les recherches du profil aval, nous avons fait une tentative en amont, à environ 300 mètres, en face du confluent du ruisseau Gabet. Les couches remontent avec le cañon ; on pouvait penser que la profondeur maxima était déterminée par un banc plus résistant qui devait donc se trouver à une profondeur moindre en amont. Nous fîmes deux sondages, dont le plus profond atteignit la cote 230,92, soit une épaisseur d'eau et de sable de près de 37 mètres. Devant ce résultat le profil du ruisseau Gabet fut abandonné. Il peut être intéressant d'essayer de nous faire une idée sur la suite des phénomènes qui ont pu aboutir à donner au lit rocheux la forme qui a été révélée par les sondages.

Voici ce que nous pensons (fig. 12 à 17).

Le phénomène de la Perte — disons le phénomène de l'étréit, selon l'excellente expression due à M. Martel, — a dû se propager peu à peu, de l'extrémité inférieure du cañon urgonien jusqu'au point où le phénomène se révèle en pleine activité de nos jours, à Bellegarde.

Cherchant à fixer sa courbe d'équilibre (du reste non encore atteinte dans tout le cañon), le fleuve, selon le phénomène de la formation des gorges rocheuses, creusait un profond chenal. L'étréitesse du chenal était dépendante de la résistance des roches à l'érosion. Ainsi que nous le savons par l'étude du cañon du Rhône et celle du cours de la Valserine, la couche C s'est montrée particulièrement résistante. L'étréit était plus étranglé dans la zone coupée par la couche C. Le lit mineur rocheux n'existerait donc que dans la région qui occupe la couche C. Il serait conservé sous l'eau à cause de l'alluvionnement, tandis que la partie supérieure aurait été élargie par le fleuve.

Ainsi par exemple, si l'étréit de Monthoux s'élargissait dans la couche C, le lit du Rhône s'alluvionnerait beaucoup plus qu'il ne doit l'être¹.

Tout le fond de l'étréit serait, pour ainsi dire, fossilisé sous une couche de sable.

La Valserine, beaucoup plus facile à étudier que le Rhône, nous montre que, dans la région où elle coule sur l'Urgonien moyen (en aval du moulin aval du Pont des Oules), le lit ne présente aucun étréit alluvionné et aucun étréit au-dessous du niveau de l'eau, ce qui est parfaitement visible, à cause de la transparence de l'eau (en particulier sous le grand viaduc de la route de Chézery).

L'étréit alluvionné n'est que l'héritage de l'étréit que détermine la couche C, ou que déterminent les couches les plus élevées de l'Urgonien supérieur (fig. 12 à 17).

Ainsi donc, en aval de Génissiat, à partir du point où la couche C est à environ 25 mètres sous le fleuve, l'étréit alluvionné ou lit mineur rocheux ne doit plus exister.

Par contre, le phénomène du lit mineur rocheux se propage en amont des étréits. Il est nettement visible en amont du Pont des Oules. On peut même cons-

1. Nous avons mesuré dans l'étréit de Monthoux, en aval, près de l'ancienne passerelle, sur le bord, une profondeur de 17 mètres.

tater que l'étréit, en amont du pont, serait beaucoup plus profond et plus long si la Valserine n'était pas encombrée par des blocs.

Cette observation a son importance, parce qu'elle doit nous faire prévoir qu'à Malpertuis doit exister très probablement un étréit *en amont* de la chute, semblable à celui qui est visible dans la Valserine. Nous avons donc tout lieu de nous demander si le profil en travers de la région amont de Malpertuis, publié par M. Mauvernay dans sa conférence de Lyon, correspond bien à la réalité.

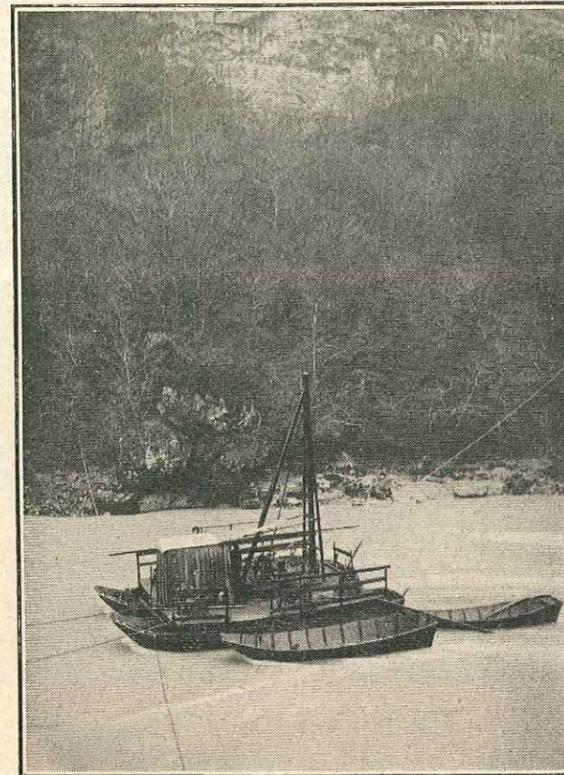


FIG. 20. — SONDAGE AU RAIL (EN TEMPS DE GROSSE GRUE)

IV. — Etude des parois immergées (sondages au diamant)

A. *UTILITÉ.* — Dès le début de nos études sur les conditions géologiques du projet de barrage de Génissiat, l'exécution de quatre sondages au diamant avait été décidée, sur le bord même du fleuve, au droit des futurs murs de garde. Ils ont été exécutés.

Ces sondages devaient nous donner la constitution des couches dans lesquelles et sur lesquelles seront encastrés les différents ouvrages, couches que nous ne pouvions connaître entièrement dans les parois du cañon, parce qu'elles sont immergées. Nous aurions pu essayer de connaître ces banes de l'Urgonien inférieur et de l'Hau-

terivien en dehors du cañon, mais comme les sondages devaient nous donner encore d'autres renseignements il était important de les exécuter. Ils devaient, en effet, nous montrer s'il existe des vides dans la roche au-dessous du niveau du fleuve, vides de diaclases, de grottes ou de couches disparues.

Certaines couches émergées sont fortement atteintes par l'érosion, ainsi, les couches A' et B'. La couche B' est, par place, entamée sur plus de 12 mètres de profondeur. Ce phénomène pouvait exister pour des couches inférieures à la couche C. Il était donc de la plus grande importance de constater la présence de vides *horizontaux* ou plutôt d'espaces remplis de gravier ou de limon remplaçant la couche dissoute, espaces limités en haut et en bas par des plans horizontaux.

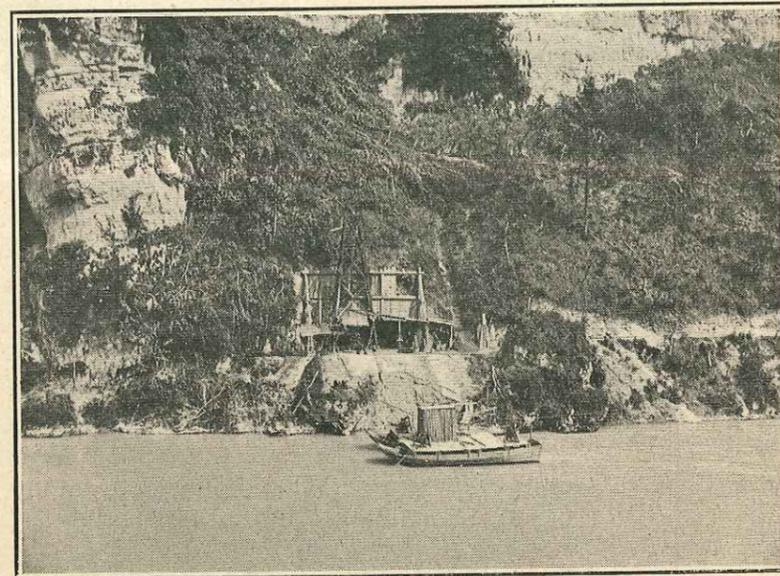


FIG. 21. — SONDAGE AU DIAMANT

B. *INSTALLATION*. — Les sondages ont été implantés à 4 mètres de distance du bord atteint par les plus hautes eaux connues.

Des précautions très minutieuses ont été prises. Il est intéressant de les décrire. Elles furent semblables pour chaque sondage (fig. 21-22).

Une plateforme a été disposée pour recevoir les machines. Cette plateforme est au-dessus du niveau atteint par les plus grandes crues. La plateforme est sur l'éboulis. De la plateforme part un avant-puits jusqu'à la limite de la roche en place. Cet avant-puits est en tuyaux de ciment d'un diamètre assez grand pour qu'un homme puisse y descendre. L'avant-puits est drainé. Sur la roche en place a été élevé un cône en ciment, de telle sorte qu'aucune eau étrangère ne peut pénétrer dans le sondage qui débute au sommet du cône.

L'eau d'alimentation du sondage est celle du Rhône puisée par une pompe. La crépine, à mailles très serrées, est placée aussi près que possible de la ligne de courant du fleuve, afin de puiser une eau qui contienne le minimum de matières en sus-

pension. Cette précaution est nécessaire, puisqu'on désire savoir si des couches de sable ou de limon du Rhône existent dans des vides produits par l'affouillement du fleuve dans les bancs tendres.

L'eau d'alimentation de la sonde est mise en pression dans les tiges de sondage. Un volant de pression comprime continuellement la couronne diamantée. Le développement de ce volant est suffisant pour qu'un vide d'eau plus un centimètre soit reconnaissable par la chute de la couronne. Le volant de pression, multiplié encore par un levier, est toujours dans la main d'un homme. Un tube à sédiments récolte la matière constituant les manquants inévitables de quelques carottes. Celles-ci ont un diamètre de 8 centimètres.

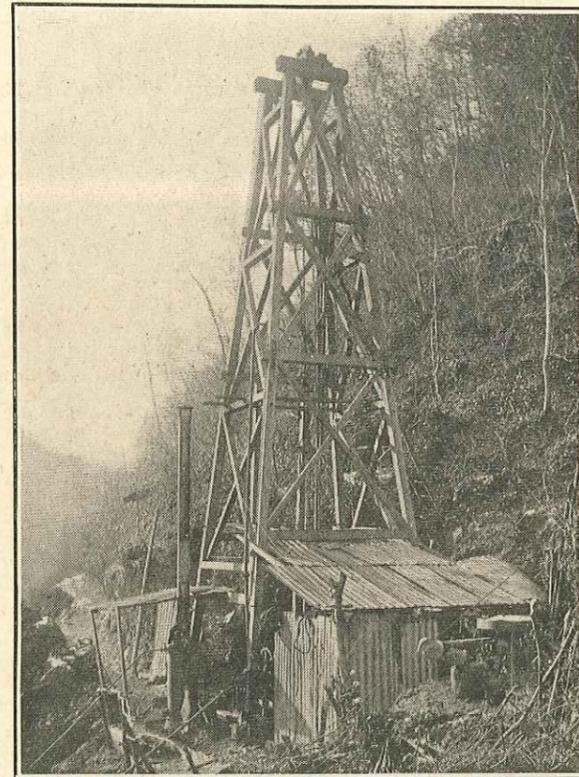


FIG. 22. — SONDAGE AU DIAMANT, LA MACHINERIE

Le travail a été surveillé par nous-même de temps à autre, afin de constater si toutes les précautions étaient bien prises et maintenues. Une surveillance constante a été exercée par M. Villemagne, conducteur; un journal de sondage était rempli chaque jour par le personnel. Il n'a été fait aucun travail de nuit et l'ouvrage a été interrompu quelque temps pendant les jours les plus froids de l'hiver.

Nous ne croyons pas que l'on puisse s'entourer de précautions plus minutieuses. Les sondages sont numérotés dans l'ordre suivant :

N° 1.....	Rive droite amont
N° 2.....	Rive gauche aval
N° 3.....	Rive gauche amont
N° 4.....	Rive droite aval

C. *RÉSULTATS DES SONDAGES.* — Pour les détails concernant la longueur des carottes, leurs surfaces d'usure, etc., voir les journaux de sondages annexés (pages 97 et suiv.). La numérotation des carottes commence au toit de la couche A. Les 4 colonnes de carottes sont conservées à Génissiat avec les échantillons de sédiments.

SONDAGE N° 1 :

1° Couches situées au dessus du zéro de l'échelle (262 m. 980).

Couche A. — 265 m. 095.

263 m. 915. — Carottes 1, 2.

Carotte 1, calcaire oolithique compact.

Carotte 2, calcaire gris compact.

Donc couche A sans délits.

Couche A'. — 263 m. 915.

262 m. 350. — Carottes 2 (5), 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Calcaire oolithique, nombreux joints imparfaits, indiquant de nombreux délits, mais l'ensemble compact, sans vides.

2° Couches immergées (partiellement pour la plus haute) mais connues dans la région amont.

Couche B. — 262 m. 350.

260 m. 210. — Carottes 11, 12.

Calcaire blanc oolithique marmoréen, sans délits visibles : à la base, calcaire plus gris avec délits irréguliers.

Couche B'. — 260 m. 210.

259 m. 060. — Carotte 13.

C'est la couche redoutée à cause de son affouillement possible ; elle est formée par un calcaire oolithique plus jaune que le précédent, sans aucune trace d'affouillement.

Couche C. — 259 m. 060.

248 m. 020. — Carottes 14 à 39.

Ainsi qu'il était à prévoir, toute cette couche C est constituée par des calcaires oolithiques de compacité variable, entre celle d'une pierre dure blanche et celle d'un calcaire marmoréen. Ces calcaires sont tantôt blancs, tantôt un peu gris, parfois un peu jaunâtres. Allure d'une excellente pierre de construction façonnable. L'usure des carottes s'explique par des délits un peu plus tendres, mais constitués par la même matière.

A 248 m. 53, délit verdâtre annonçant l'Hauterivien.

3° *Couches immergées et inconnues appartenant encore à l'Urgonien.*

Couches K. L. M. — 248 m. 020.

242 m. 620. — Carottes 40 à 57.

Base de l'Urgonien, constituées par des calcaires oolithiques d'aspect de pierre blanche, mais plus dure que la pierre blanche ordinaire, quelques délits verdâtres.

C'est dans cette couche que se trouve le plateau rocheux découvert par les sondages dans le lit du Rhône.

4° *Couches immergées et inconnues appartenant à l'élage hauterivien.*

L'ensemble de ces couches est facile à reconnaître, les roches sont plus foncées, plus grises ou plus rousses.

Couche N. — 242 m. 620.

241 m. 800. — Carottes 58 et 59.

Calcaire oolithique, avec fréquents grains de glauconie (grains verts) plus compacts à la base.

Couche O. — 241 m. 800.

241 m. 430. — Carotte 60.

Calcaire oolithique bréchoïde, caractère qui s'accroît à la base.

Couche O'. — Délit marneux.

Couche P. — 241 m. 430.

240 m. 870. — Carotte 61 (1),

Calcaire oolithique roux.

Couche P'. — Délit marneux.

Couche Q. — 240 m. 870.

240 m. 000. Carotte 61 (2, 3).

Calcaire oolithique très bréchoïde. Les fragments calcaires enveloppés dans des masses arénacées, tendres, jaunâtres.

Couche Q'. — Délit marneux.

Couche R. — 240 m. 000.

239 m. 940. — Carotte 61 (4), 62, 63.

Calcaire oolithique compact, roux.

Couche S. — 239 m. 940.

239 m. 365. — Carottes 64, 65, 66.

Banc très bréchoïde, oolithique, à sédimentation irrégulière de calcaire à grains roux.

Couche T. — 239 m. 365.

235 m. 985. — Carottes 67, 68, 69, 70 (1).

Banc de calcaire oolithique blanchâtre.

Couche U. — 235 m. 985.

235 m. 425. — Carottes 70 (2), 71, 72, 73.

Calcaire oolithique plus roux ; ici a été observée une fissure absorbant l'eau, nous la discuterons plus loin. Nombreux manquants ; les sédiments montrent que ces manquants sont constitués par la même matière que la roche.

Couche V. — 235 m. 425.

234 m. 430. — Carottes 74, 75, 76.

Calcaire oolithique jaune, à grains noirs dans 74 et 75 (1) ; plus blanc à la base.

Couche V'. — 234 m. 430.

234 m. 335. — Carotte 77 (1).

Calcaire oolithique jaune avec grains abondants de glauconie dans le haut de la carotte.

Couche W. — 234 m. 335.

233 m. 230. — Carottes 77 (2, 3), 78, 79, 80 (1).

Calcaire oolithique jaune-roux, avec fréquents délits arénacés.

Couche W'. — 233 m. 230.

231 m. 140. — Carottes 80 (2), 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89.

Calcaire oolithique jaune roux, à sédimentation irrégulière ; délits arénacés fréquents. Le grand nombre de manquants s'explique par l'étude des sédiments, formés par des délits sableux oolithiques, peu cimentés ; ces délits sont donc formés par la même roche que celle des carottes, mais ils sont plus tendres.

Couche W". — 231 m. 140.

230 m. 585. — Carotte 90 (1).

Calcaire oolithique compact, à sédimentation irrégulière.

Couche X. — 230 m. 585.

228 m. 000. — Carottes 90 (2), 91, 92 (1, 2, 3, 4).

Calcaire oolithique à sédimentation irrégulière, particulièrement au sommet de 90 (2). Sédimentation plus marneuse et arénacée.

Couche X'. — 228 m. 000.

227 m. 660. — Carotte 92 (5, 6).

Calcaire oolithique.

Couche Y. — 227 m. 660.

224 m. 685. — Carottes 93 à 98 (1).

Calcaire oolithique marno-arénacé. Roche sombre, aspect souvent bréchoïde. Silice diffuse. A l'air cette roche serait très gélive.

Couche Y'. — 224 m. 685.

222 m. 845. — Carotte 98 (2 à 6).

Roche moins sombre que la précédente par diminution de l'élément marneux inter-oolithique.

Couche Y". — 222 m. 845.

221 m. 960. — Carotte 98 (7 à 9).

Dans la carotte 98 (7) changement rapide de la sédimentation ; la sédimentation oolithique marneuse corrode le calcaire oolithique compact jaune-roux.

Couche Z. — 221 m. 960.

219 m. 765. — Carotte 98 (10 à 18).

Calcaire oolithique gris fin, plus clair à 98 (14). Quelques délités arénacés.

Couche Z'. — 219 m. 765.

217 m. 960. — Carotte 98 (19 à 23).

Calcaire oolithique bréchoïde, arénacé, avec délités arénacés.

Couche Z''. — 217 m. 960.

217 m. 380. — Carotte 98 (24 et 25).

Calcaire oolithique plus compact (moins marneux).

Couche Z'''. — 217 m. 380.

216 m. 460. — Carotte 99 (1 à 3).

Sédimentation toujours oolithique, grise, mais moins arénacée.

SONDAGE N° 2.

1° et 2° Couches situées au-dessus du zéro de l'échelle et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon.

Couches A, A', B, B'. — 263 m. 510.

257 m. 930. — Carottes 1 à 15.

Il n'est pas possible de distinguer les quatre couches dans les carottes de sondage. Ce sont des calcaires blancs plus ou moins compacts. La différence de ces couches en surface vient de ce qu'elles sont plus ou moins gélives. Abrisées, elles sont semblables les unes aux autres.

Couche C. — 257 m. 930.

246 m. 845. — Carottes 16 à 21 (4).

La couche B' passe insensiblement à la couche C. Ce sont des calcaires de compacité variable, mais très homogènes dans l'ensemble, parfois légèrement crayeux, souvent un vrai marbre.

3° Couches immergées et inconnues, appartenant encore à l'Urgonien.

Couches K, L, M. — 246 m. 845.

241 m. 058. — Carottes 21 (5) à 45.

Base de l'Urgonien, constituée par des calcaires blancs qui se confondent en haut avec la couche C. On voit des calcaires oolithiques avec quelques délités verdâtres. Il y avait 18 carottes dans le premier sondage. Ici, on en possède 25. La constitution de la roche reste donc la même.

4° Couches immergées et inconnues, appartenant à l'Hauterivien.

Couche N. — 241 m. 058.

240 m. 660. — Carottes 46 à 48.

Calcaire oolithique à grains de glauconie. La couche N avait été trouvée dans le sondage n° 1 à 242,62 ; la glauconie particulièrement abondante à 242,20. Il y a donc un plongement de la couche de 1 m. 15. Or, le pendage calculé doit être, ainsi qu'il est dit plus

haut, de 1 m. 20. Cette première couche va nous permettre de tirer une conclusion qui va aller se répétant pour d'autres couches encore :

Il y a une continuité absolue des couches qui forment les deux parois du cañon ; il n'y a aucune trace de diaclase avec rejet dans le cañon, aucune faille.

Couche O. — 240 m. 660.

240 m. 160. — Carottes 49 et 50.

Calcaire oolithique bréchoïde. Nous l'avons rencontré dans le sondage n° 1 entre 241 m. 610 et 241 m. 430, soit avec une différence d'altitude de 1 m. 05 à 1 m. 37. La couche n'a donc plus rigoureusement la même épaisseur, mais la concordance des deux versants reste exacte.

Couche P. — 240 m. 160.

239 m. 270. — Carottes 51 à 56.

Calcaire plus jaune et roux, oolithique, compact.

Couche Q. — 239 m. 270.

239 m. 050. — Carottes 57 et 58.

Calcaire oolithique bréchoïde, nombreux délits irréguliers, légèrement sableux. Cette couche Q débute dans le sondage n° 1 à 240 m. 87, soit à 1 m. 60 plus haut. Elle se termine à 240 mètres, soit à 1 m. 05 plus haut. Nous aurions donc ainsi une couche dont l'épaisseur ne serait pas constante. Mais cette remarque n'a aucune importance à cause de notre système de mesures. Nous évaluons les épaisseurs des couches en nous servant des longueurs complètes des carottes ou des fragments de carottes. Or, dans bien des cas, il arrive que la carotte ne se sépare pas de la précédente ou de la suivante exactement à la limite de la couche, d'où des valeurs de plongement un peu variables. Le procédé employé est rapide et suffisant, car on possède plusieurs délits qui donnent des repères absolus.

Couches R et S. — 239 m. 050.

238 m. 135. — Carottes 59 à 69.

Calcaire oolithique blanc, gris ou jaune. La partie bréchoïde de S du sondage n° 1 n'existe plus.

Couche T. — 238 m. 135.

234 m. 890. — Carottes 70, 71 et 72.

Beau calcaire oolithique blanc, absolument semblable à celui du sondage n° 1. Le toit de cette couche est très caractéristique pour la comparaison des cotes. Dans le sondage n° 1, le toit est à 239 m. 365 ; au sondage n° 2, à 238 m. 135. Différence 1 m. 23. Donc nouvelle preuve de la continuité des couches sans faille.

Couche U. — 234 m. 890.

234 m. 350. — Carottes 73 et 74.

Calcaire oolithique blanc faisant suite à la couche T. Usure accentuée des carottes comme dans le sondage n° 1.

Couche V. — 234 m. 350.

233 m. 340. — Carottes 75 à 80.

Calcaire oolithique plus ou moins jaune, à grains noirs (glauconie oxydée), comme ceux trouvés dans le sondage n° 1.

Couche V. — 233 m. 340.

233 m. 170. — Carotte 81.

Cette petite couche présente des grains de glauconie, comme dans le sondage n° 1, entre 234 m. 430 et 234 m. 336, soit une variation de hauteur comprise entre 1 m. 12 et 1 m. 165. Moyenne 1 m. 14.

Couche W. — 233 m. 170.

232 m. 070. — Carottes 82 à 90.

Calcaire oolithique roux, jaune, avec quelques délités plus arénacés. La correspondance, mesurée sur le délit sableux du deuxième sondage, est de 1 m. 20.

Couches W', X, X', Y. — 232 m. 070.

223 m. 628. — Carottes 91 à 106 (1).

Ces couches, que nous avons distinguées dans le sondage n° 1, débutent ici par les mêmes calcaires jaunes à sédiments sableux irréguliers, mais, dans le sondage n° 1, la sédimentation foncée n'arrive qu'à la cote 227 m. 660, tandis que dans le sondage n° 2, elle apparaît déjà à 230 m. 84 environ. Il n'y a rien qui puisse nous étonner dans cette variation. Les couches changent de nature en direction, elles se chargent davantage de matière marneuse interoolithique foncée en allant du sondage n° 1 au n° 2. Ce phénomène se voit souvent en surface au haut de la zone dite des marnes d'Hauterive. Dans le sondage, ces roches, qui sont gélives à l'air libre, sont au contraire très homogènes. Ainsi, la carotte 101 a une longueur de 3 m. 20 et constitue une véritable colonne de marbre.

Couche Y. — 223 m. 628.

221 m. 667. — Carottes 106 (2) à 106 (4).

Sédiments un peu plus calcaires, c'est-à-dire moins foncés, correspondant au Y' du sondage n° 1. Différence 1 m. 08 au toit de la couche et 1 m. 18 au mur.

Couche Y". — 221 m. 667.

220 m. 730. — Carottes 106 (5) et 106 (6).

Sédiment encore plus calcaire que Y'; la variation rapide de sédimentation constatée dans le sondage n° 1 n'est plus visible dans le n° 2.

Couches Z et Z'. — 220 m. 730.

216 m. 620. — Carottes 106 (7) à 111 (2).

Calcaire oolithique gris, à espaces interoolithiques marneux. Par place, délités plus arénacés.

Couche Z". — 216 m. 620.

215 m. 490. — Carottes 111 (2) à 114.

C'est plus une zone qu'une couche proprement dite dont il s'agit, c'est-à-dire que la sédimentation étant plus calcaire, la roche redevient plus claire. C'est le même fait qui se produit dans le sondage n° 1. Ainsi, dans les plus grandes profondeurs des deux sondages, l'équivalence des couches subsiste.

Couche Z". — 215 m. 490.

215 m. 380. — Carotte 115.

Sédimentation oolithique foncée, arénacée, semblable à Z" du premier sondage.

Sédiments. — L'étude attentive des sédiments à la loupe ne nous a révélé que des matériaux d'usure des roches. Il n'y a aucune présence de matériaux étrangers. *Aucune infiltration sous-rocheuse du Rhône n'existe.*

SONDAGE N° 3.

1°, 2° et 3° Couches urgoniennes, situées au-dessus du zéro de l'échelle (262 m. 98) et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon (sauf K, L, M).

Couches supérieures à la couche A. — 265 m. 80.

264 m. 58. — Carottes 1, 2, 3 et 4 (1).

Calcaire oolithique blanc, que l'on ne distingue pas de la couche A.

Couches A, A', B, B'. — 264 m. 58.

258 m. 56. — Carottes 4 (1) à 15 (3) (milieu).

Il n'est pas possible de distinguer ces quatre couches. Elles sont constituées par du calcaire oolithique plus ou moins compact comme dans les autres sondages. Ces quatre couches donnaient 13 carottes dans le sondage n° 1 et 15 dans le n° 2. Ici il y en a 9. Les couches paraîtraient plus homogènes, mais si le nombre des carottes est moindre, cela provient d'un fait particulier, soit la rencontre d'une couche ou plutôt d'une poche d'argile verte, englobée dans la couche B.

Couches C, K, L, M. — 258 m. 56.

242 m. 125. — Carottes 15 (3) (base) à 60.

On passe insensiblement de B' à C. Cette dernière couche se reconnaît par l'importance de son calcaire plus crayeux oolithique. De place en place, quelques délités verdâtres, comme ceux rencontrés dans les deux autres sondages. On passe insensiblement aux couches K, L, M, sans que l'on puisse reconnaître ces dernières.

4° Couches immergées et inconnues appartenant à l'Hauterivien.

Couche N. — 242 m. 125.

241 m. 320. — Carottes 61 et 62.

Dans le premier sondage, la couche N avait été déterminée par la présence de grains de glauconie qui apparaissaient à la cote 242 m. 62 et que nous devons retrouver par calcul, dans le sondage n° 3, à 242 m. 12.

Ces grains apparaissent entre 242 m. 125 et 242 m. 295, mais sont fréquents à partir de 242 m. 125.

Cette couche N nous donne donc un repère précieux, qui nous démontre un plongement régulier des couches de la rive droite vers celle de gauche. Dans le sondage n° 1, la base de la couche à glauconie se trouve à 241 m. 80. Ici, dans le sondage 3, nous la retrouvons à 241 m. 32. Différence 0 m. 48 au lieu de 0 m. 50. Nous pouvons, par cette couche N, tirer la conclusion qui sera confirmée par d'autres couches :

Il y a plongement régulier des couches à travers le cañon immergé entre le sondage n° 1 et le sondage n° 3. AUCUNE FAILLE LONGITUDINALE, C'EST-À-DIRE PARALLÈLE AU COURS DU RHÔNE DANS LE CAÑON.

Couches O, P, Q. — 241 m. 320.

240 m. 000. — Carottes 63 à 66 (2).

Ces couches, dans le sondage n° 1, se présentent avec des caractères bréchoïdes que nous retrouvons dans le sondage n° 3. La base de Q se trouve à 240 mètres dans le sondage n° 3, à 240 m. 50 dans le sondage n° 1.

Différence 0 m. 50, rigoureusement conforme à la prévision. Nouvelle preuve de l'inexistence de faille parallèle au lit du Rhône.

Couches R et S. — 240 m.

238 m. 860. — Carottes 66 (3) à 71 (3) (haut).

La couche R débute dans le sondage n° 1, à 240 m. 500. Ici, dans le troisième sondage, à 240 mètres. On passe de R progressivement à S, caractérisé, dans le sondage n° 1, par une zone bréchoïde qui avait disparu dans le sondage n° 2 et que nous retrouvons dans le n° 3.

Au 1, la base de S était à 239 m. 365. Ici, dans le 3, elle est à 238 m. 85, dans le milieu de la carotte 71 (3) soit vers 231 m. 85, ce qui ferait 0 m. 85 de différence au lieu de 0 m. 50. Cet écart est dû au fait que S est une couche variable d'épaisseur et de constitution. Il s'agit plus d'une zone que d'une couche proprement dite, car aucun délit ne la limite, ni au toit, ni au mur.

Couches T et U. — 238 m. 860.

235 m. 025. — Carottes 71 (3) (base) à 81.

La couche T est bien caractéristique par son caractère oolithique blanc-jaunâtre crayeux. Sa base devient peu à peu plus rousse pour constituer la zone U, semblable à celle du sondage n° 1.

Couches V et V'. — 235 m. 025.

233 m. 830. — Carottes 82 à 86.

Ces couches V et V' sont extrêmement caractéristiques et nous ont servi déjà de repère dans la comparaison des carottes des sondages n° 1 et n° 2.

La couche V débute par l'apparition de très petits grains noirs difficilement visibles à l'œil nu. Ils appartiennent à de la glauconie oxydée. Dans le n° 1, ils apparaissent à 235 m. 425; ici nous les voyons arriver à 235 m. 025: différence 0 m. 40, ce qui rentre dans les limites permises, car, si nous allons plus bas, la base de V devrait être par calcul à 234 m. 430 moins 0 m. 50. Nous la retrouvons à 233 m. 93, soit une dénivellation de 0 m. 50, conforme à la prévision.

V' devrait se terminer à 234 m. 335 moins 0 m. 50. Nous trouvons la cote de 233 m. 83, soit une différence de 0 m. 505. *Nouvelle démonstration du plongement régulier des couches.*

Couches W, W', W'', X, X' Y, Y'. — 233 m. 830.

222 m. 235. — Carottes 87 à 102 (3).

La couche W débute ici, comme dans le sondage n° 1, par des grains noirs que nous n'avons pas pu voir dans le sondage n° 2.

Nous retrouvons les mêmes délits sableux un peu siliceux, la même sédimentation irrégulière.

La sédimentation grise hauterivienne débute au n° 1, à 227 m. 66; au n° 2, elle était à 230 m. 84; elle est à 232 m. 68 au n° 3.

N° 1 : 227 m. 660	aurait dû se trouver à	227 m. 660,	différence	0 m. 00
N° 2 : 230 m. 84	—	226 m. 46	—	3 m. 38
N° 3 : 232 m. 68	—	237 m. 16	—	5 m. 52

Dans la description relative au sondage n° 2, je dis que cette inégalité de niveau n'a rien de surprenant, car la variation entre la sédimentation jaune et la grise ne se fait que par l'apport de matériaux marneux interoolithiques; elle peut, de ce fait, être très irrégulière.

et il semble bien que nous trouvons la confirmation de cette irrégularité par les résultats du sondage n° 3.

La régularité réapparaît du reste dans la couche suivante.

Couches Y', Z', Z'', Z''' — 222 m. 235

218 m. 395. — Carottes 102 (4) à 111.

Dans le sondage n° 1, la couche Y est caractérisée par une apparition de la sédimentation jaune sous la sédimentation grise. Ici, cette zone plus claire, avec une différenciation moins tranchée, apparaît à 222 m. 235. Différence 0 m. 60. Cette variation de 0 m. 11 n'a rien qui doive nous étonner ; elle est due à la transition lente de la sédimentation jaune à la grise, tandis que dans le sondage n° 1 il y a passage brusque.

Le fait de rencontrer à des profondeurs semblables des zones analogues, continues, nous démontre bien le plongement régulier des couches.

Ainsi donc, du haut en bas, les produits du sondage n° 3 nous donnent des points de repère démontrant la permanence du plongement régulier des couches de la rive droite vers la gauche.

Conclusion : Il n'y a aucune faille, soit longitudinale, soit parallèle au lit du fleuve, dans le cañon immergé du Rhône.

SONDAGE N° 4.

1°, 2° et 3° Couches urgoniennes situées au-dessus du zéro de l'échelle (262 m. 98) et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon (sauf K, L, M).

Couches supérieures à la couche A. — 264 m. 71

264 m. 20. — Carottes 1 et 2.

Débris de béton de l'avant-puits et fragments de calcaire oolithique blanc.

Couches A, A', B, B'. — 264 m. 20

258 m. 330. — Carottes 3 à 19.

On ne peut distinguer ces quatre couches dans le calcaire blanc, plus ou moins oolithique, extrait par la couronne. Le nombre des carottes est plus grand que dans les autres sondages, ce qui dénoterait une moindre cohésion de la roche. Ce phénomène est à peu près constant pour l'ensemble des couches du sondage n° 4.

On passe insensiblement à la couche suivante sans démarcation visible.

Couches C, K, L, M. — 258 m. 330

241 m. 800. — Carottes 20 à 51.

Ensemble de calcaire oolithique plus ou moins compact ou plus ou moins crayeux, blanc ou jaune. De place en place, quelques délits verdâtres comme dans les autres sondages. Les carottes présentent un peu plus de fissures verticales et obliques que d'habitude. Ces fêlures sont toujours colmatées rigoureusement. Aucune trace de passage d'eau sous forme stalactitique ou de calcite.

4° Couches immergées et inconnues, appartenant à l'Hauterivien.

Couches N, O, P, Q, R, S. — 241 m. 800

238 m. 495. — Carottes 52 à 70.

Le toit de la couche N se reconnaît aisément par la présence des grains de glauconie qui la caractérisent.

Dans le sondage n° 1, cette couche N apparaît à 241 m. 62. Nous devrions la retrouver à 241 m. 74. C'est à 241 m. 800, soit à 0 m. 06 près. que nous constatons dans le sondage n° 4 la présence de ces grains verts caractéristiques.

Ainsi donc, le plongement des couches entre les deux sondages est absolument régulier et conforme au calcul. Ce résultat démontre l'absence complète de faille qui décalerait les couches en profondeur, tout au moins jusqu'à la couche N.

L'ensemble des couches O, P, Q, R et S est semblable à ce qui a été trouvé dans les autres sondages. Le fait qu'elles ne sont pas caractérisées par des limites franches ne nous a pas entraîné à calculer pour elles leur plongement.

Couches T; U. — 238 m. 495.

234 m. 620. — Carottes 71 à 87.

Couches faciles à reconnaître, T par des calcaires oolithiques et U par la couleur rousse et la compacité plus grande de la roche.

Couche V. — 234 m. 620.

233 m. 620. — Carottes 88 à 98.

La couche V est caractérisée dans sa partie supérieure par de petits grains noirs très caractéristiques et aisés à retrouver à la loupe.

D'après le sondage n° 1, le toit de la couche devrait se trouver à 234 m. 545. En réalité nous le rencontrons à 234 m. 62, soit avec un écart de 0 m. 075. Cet écart est dans les valeurs permises et l'examen de la couche suivante va nous en donner la preuve péremptoire.

Couche V'. — 233 m. 620.

233 m. 300. — Carottes 99 et 100 (1) en partie.

Cette faible couche ou zone est caractérisée par un nuage de grains de glauconie particulièrement abondants dans le bas de la carotte, à partir de 233 m. 55. Or, c'est à cette cote que, d'après le calcul, devraient apparaître ces grains verts.

La couche V' nous permet donc de vérifier le fait d'un *plongement très régulier des couches sans décalage dû à une faille.*

Couches W, W', W'', Y et Y'. — 233 m. 300.

221 m. 940. — Carottes 100 à 139 (1) (haut).

Le haut de la couche W est à la cote 233 m. 30, alors qu'il devrait se trouver, par le calcul basé sur le sondage n° 1, à 233 m. 45. Différence de 0 m. 15, qui provient exclusivement du fait que le nuage de glauconie s'est un peu élargi. Les grains noirs qui remplacent plus bas cette glauconie fraîche, — car les grains noirs paraissent être de la glauconie oxydée, — nous montrent que la couche W possède toujours ses caractères distinctifs.

La sédimentation grise hauterivienne, qui va rendre le reste du sondage très uniforme, débute déjà à 232 m. 60, alors que, d'après le sondage n° 1, on n'aurait dû l'atteindre qu'à 226 m. 78. La différence serait de 5 m. 82, soit la plus considérable, puisqu'elle n'était que de 5 m. 52 dans le sondage n° 3.

C'est toujours cette irrégularité frappante du haut de la sédimentation dite des Marnes d'Hauterive. Il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. J'explique, dans les pages relatives au deuxième sondage, la raison de cette variation.

Jusqu'à Y' les couches sont gris foncé. Elles sont plus bréchoïdes dans ce sondage que dans les précédents, comme du reste l'ensemble des couches.

Couches Y". — 221 m. 940.

221 m. 600. — Carottes 139 (1) (bas) à 141 (haut).

La couche Y" est des plus caractéristiques. C'est une zone plus calcaire, plus jaune, au milieu de la sédimentation sombre des marno-calcaires oolithiques foncés.

Cette couche est très importante, car elle nous donne un repère précieux dans l'uniformité de sédimentation des régions inférieures des sondages.

D'après le sondage n° 1, cette couche devrait être comprise entre les cotes 221 m. 92 et 221 m. 08. Or, nous la croisons entre 221 m. 94 et 221 mètres, soit avec des écarts de 0 m. 02 à 0 m. 08, autrement dit avec une concordance telle que l'on peut ainsi montrer que, du haut en bas, n'existe aucune faille qui sépare les sondages 1 et 4.

Couches Z, Z', Z". — 221 m.

215 m. 175. — Carottes 141 (bas) à 156.

Série de zones gris foncé de calcaire marneux à fréquents apports sableux, parfois très bréchoïde.

D. ANALYSE DES RÉSULTATS DES SONDAGES AU DIAMANT. — 1° ABSENCE DE VIDES HORIZONTAUX. — La lecture des quatre sondages au diamant nous montre *qu'aucun vide horizontal n'a été rencontré.*

L'étude attentive des sédiments impalpables ramenés par les tubes à sédiment démontre que ces boues ne sont que le produit d'usure des manquants.

Il n'existe pas de porte-à-faux de couches pénétrant jusqu'aux quatre puits. Ainsi donc les sondages au diamant nous déterminent la limite des murs de garde. Ces murs de garde et le corps du barrage immergé n'auront pas à être encastrés au-delà des quatre puits.

C'est là un premier résultat très important, car il permet d'estimer quelles seront les limites d'appui des travaux pneumatiques.

Les vides que présentent certaines couches dans le cañon, ont toujours été attribués à l'érosion fluviale exclusivement. C'est une idée déjà exprimée par Saussure et que les dessins de Vogt et de Renevier ont rendue classique.

Il est certain que, lorsqu'on examine ces encorbellements au voisinage de la surface de l'eau, l'explication d'y voir l'effet exclusif de l'érosion fluviale paraît si simple, que l'on ne tente aucune autre interprétation. Ce fut du reste en grande partie pour connaître la pénétration de ces vides que nous avons fait les sondages diamantés.

Mais le fait de ne pas avoir rencontré de ces porte-à-faux au-dessous du niveau fluvial nous autorise à donner une autre explication de ce phénomène.

C'est un fait fort fréquent de constater, dans les parois de roches sédimentaires de composition différente, la mise en saillie ou en creux des couches, selon leur inégale résistance aux agents des intempéries : humidité, pluie ou gel. A différentes hauteurs, dans le cañon du Rhône lui-même on voit ce phénomène, connu des montagnards sous le nom de *vire*.

Au bord du Rhône, l'action serait la suivante : lorsque le Rhône est bas, en hiver, les couches gélives du voisinage du fleuve sont émergées. Gorgées par l'eau d'été, elles

éclatent sous l'action du gel. Lorsque le Rhône est en hautes eaux d'été ou en grandes crues d'hiver, il entraîne les matériaux éclatés par le gel. Ainsi, par cette double action, se forment ces profonds porte-à-faux, qui sont d'autant plus exagérés qu'ils se trouvent au voisinage du niveau du fleuve.

Lorsque l'on suit le porte-à-faux déterminé par la couche B' par exemple, on le voit ayant environ quinze mètres de profondeur à la sortie du défilé de Monthoux. Dans le défilé de Monthoux lui-même, il se réduit peu à peu au fur et à mesure que la couche s'éloigne des limites d'immersion. D'autre part, sous l'eau, nous savons par nos sondages que le phénomène n'existe pas. Il y a donc une région d'intensité maximale qui correspond sensiblement avec le niveau des *hautes eaux* d'inondation. On voit donc bien que ces encorbellements ne sont pas le résultat de la simple érosion fluviale. Nous ne voulons pas nier que l'érosion fluviale, par ses mouvements tourbillonnaires, corrode particulièrement le pied des escarpements, mais les grands porte-à-faux n'existeraient pas s'il n'y avait pas d'action gélive dans la région.

2° VIDES OBLIQUES. — Dans le sondage n° 1, dans la traversée de la couche U, une fente oblique a été rencontrée. Nous disons qu'elle est oblique parce que sa rencontre n'a pas été accompagnée par une chute de la couronne. Cette cassure ne peut consister qu'en une diaclase qui n'a été aperçue que parce qu'elle absorbait une partie de l'eau de la pompe. La diaclase doit être très étroite par ce fait même qu'elle ne pouvait débiter toute l'eau en pression dans les tiges de sondage.

On observe dans plusieurs carottes du sondage n° 4 des fêlures de carottes, fêlures obliques ou verticales, soit surface de stylolithes, mais aucune de ces fêlures n'est baillante. Elles sont toutes bien occluses.

Nous reviendrons plus loin sur la fissure oblique du sondage n° 1 en discutant la présence d'une diaclase visible dans la paroi de la rive gauche un peu en aval du barrage. Mais nous pouvons déjà dire que, par le fait de son obliquité, la fissure du sondage n° 1 sera entièrement enrobée dans le béton et rendue de ce fait imperméable ; il ne s'agit pas d'une fêlure par laquelle passerait une source, car les tubes à sédiments n'ont rapporté aucune trace d'argile résiduaire.

3° PRÉSENCE D'ARGILE RÉSIDUAIRE. — Dans le sondage n° 3 (rive gauche amont), il a été rencontré, dans la couche B, un dépôt verdâtre constitué par de l'argile compacte qui devient assez facilement plastique. Nous avons cru au début de nos recherches qu'il s'agissait d'une crevasse colmatée par de l'argile sidérolithique. La rencontre d'argile semblable dans la galerie que nous forons en ce moment dans la rive droite nous autorise à dire qu'il s'agit d'argile résiduaire formée par une source. Cette source n'est pas connue, et probablement elle n'existe plus. Comme la poche rencontrée est entièrement formée par cette argile, qui constitue par elle-même un milieu imperméable, et comme d'autre part cette poche a été rencontrée dans le voisinage du plan d'eau, il sera facile, pendant l'exécution, de la décaper et de l'obturer complètement au ciment. Elle serait en entier comprise dans le mur de garde, lequel pourrait, au voisinage de cette poche, être encastré un peu plus que dans la région immédiatement plus basse.

4° RÉSISTANCE DES ROCHES RENCONTRÉES A L'ÉCRASEMENT. — Lorsque nous avons dû définir les couches rencontrées par le premier sondage, nous avons subdivisé le nombre des couches à l'extrême, c'est-à-dire que nous avons appelé couche toute région, ou zone d'une couche qui nous paraissait se distinguer par une toute petite variabilité de la zone immédiatement voisine. Comme nous ne savions pas comment il nous serait possible de comparer les roches rencontrées les unes avec les autres, la moindre remarque, même très futile, pouvait nous aider. Plus tard, dans les autres sondages, nous avons vu qu'il n'y avait plus intérêt à une subdivision aussi exagérée, mais il n'en reste pas moins que nous n'aurions pu faire aucune comparaison si nous n'avions pas poussé aussi loin le dénombrement des couches dans le premier sondage, car, ainsi que nous le verrons plus loin, ce ne sont guère que des nuages de grains de glauconie, assez délicats à observer par places, qui nous ont permis d'établir le parallélisme des couches.

Les roches rencontrées par les sondages sont toutes des calcaires, les uns très compacts, les autres plus oolithiques et plus crayeux et enfin, dans l'Hauterivien, des calcaires plus marneux et un peu arénacés grâce à la présence de particules très réduites de quartz.

Il y a ainsi deux séries de couches.

A. — Série calcaire oolithique, en général des calcaires de teinte claire appartenant à l'Urgonien inférieur.

B. — Série calcaire hauterivienne, constituée par des calcaires oolithiques plus jaunes et plus roux, souvent gris, plus ou moins sombres, selon la charge de matières marneuses ou arénacées entre les grains d'oolithes.

Les roches grises de la région inférieure appartiennent à ce que les géologues appellent les marnes d'Hauterive, mais on sait que dans le Jura, en descendant du Nord vers le Sud, ces marnes deviennent de plus en plus calcaires ; dans nos sondages, ce sont des calcaires remarquablement résistants, car ils forment souvent des carottes qui dépassent 1 mètre.

Le fait que les marnes d'Hauterive plus compressibles sont absentes, qu'elles sont remplacées par des calcaires oolithiques un peu marneux, mais très résistants, nous montre que *les roches rencontrées peuvent supporter le poids du barrage sans craindre une déformation.*

Nous n'avons pas fait soumettre des carottes à des expériences d'écrasement, car ces expériences n'ont d'intérêt que lorsqu'on utilise la roche pour des constructions, mais sont d'une inutilité complète quand la roche doit supporter une pression de nature hydrostatique, c'est-à-dire une pression de pénétration. Or, à ce point de vue, on peut être certain que les roches rencontrées peuvent supporter des pressions de plus de 100 kilogs.

J'ai plusieurs fois, en Suisse, pour le calcul de piles de pont, fait des expériences de pénétration. Des roches marneuses qui se déformaient à l'écrasement en colonne pour des pressions de 200 grammes pouvaient résister à la pénétration à 8 kilogrammes par centimètre carré.

5° COMPARAISON DES QUATRE SONDAGES AU DIAMANT. — En examinant attentivement les résultats des quatre sondages au diamant, on est frappé par un fait qui demande quelques explications.

Le parallélisme peut être excellent sur le toit d'une couche et moins bon à la base de celle-ci ou inversement, ce qui semblerait montrer une irrégularité d'épaisseur des couches, et en conséquence, toute comparaison deviendrait illusoire.

Ainsi, par exemple, à propos de la couche V.

Sondage...	1	2	3	4
Toit.....	234 m. 435	233 m. 340	234 m. 430	233 m. 620
Mur.....	234 m. 335	233 m. 170	233 m. 830	233 m. 430
Epaisseur..	0 m. 100	0 m. 170	0 m. 600	0 m. 190

Ces variations d'épaisseur sont peut-être réelles, mais elles sont toutefois suspectes. Une des premières causes d'erreur est que nous avons, au début de nos recherches, pris le sommet des carottes, ainsi que leur base, comme limite des couches. Ce système de mesure peut n'avoir aucun inconvénient lorsque les carottes sont petites et la couche épaisse, par contre l'erreur peut être grande pour de grandes carottes et de petites couches.

Faute d'expérience et d'attention, je n'ai pas songé à ces inconvénients au début de mes mesures, simplement parce qu'il était difficile d'enregistrer dans le journal la limite de couche à travers une carotte de sondage. Nous avons été vers ce qui nous paraissait le plus simple et le plus court.

Dans le présent mémoire, nous avons tenu à présenter les résultats de nos sondages sans les modifier, sans retoucher les cotes des délits qui séparent les couches typiques. Il est arrivé dans mon travail ce qui arrive souvent, c'est-à-dire que l'on devient de plus en plus sévère pour soi-même au fur et à mesure que l'œil s'affine, parce que les matériaux de comparaison sont plus nombreux et l'expérience plus grande.

La comparaison des couches rencontrées dans les sondages ne peut s'établir avec une sûreté absolue que sur un nombre limité de couches. Et l'assurance peut être à tel point certaine que nous avons pu, dans les deux derniers sondages, prévoir, avec certitude, l'arrivée de tel banc caractéristique à une profondeur calculée à l'avance.

Les couches, à Génissiat, plongent de la rive droite vers la gauche comme dans toute l'étendue du cañon. En nous basant sur les affleurements de la couche A nous avons calculé que le pendage devait avoir, entre les sondages 2, 3, 4, rapporté au sondage n° 1, la valeur suivante :

Sondages 1-2.....	1 m. 20
Sondages 1-3.....	0 m. 50
Sondages 1-4.....	0 m. 88

Si aucune cassure avec rejet n'existe dans le cañon à Génissiat, les cotes des couches nettement caractérisées, rencontrées dans les trois derniers sondages, doivent présenter des décalages de couches par rapport à leur cote dans le sondage n° 1, sensiblement voisins des chiffres ci-dessus. Ces chiffres, calculés sur l'affleurement, ne doivent cependant pas être considérés comme absolus, par la raison que les délits de ces couches

émergées ne sont pas délimitables rigoureusement, et c'est en se basant sur ces débits que les mesures ont été faites, parce qu'elles ne pouvaient pas être établies sur un autre élément.

Dans le calcul du repérage des couches dans les sondages, en se rapportant toujours au sondage n° 1, nous ferons intervenir trois éléments géométriques :

- a) Le toit de la couche ;
- b) Le mur de la couche ;
- c) Le plan moyen de la couche.

Nous appelons *plan moyen d'une couche* le plan de symétrie de la couche, c'est-à-dire le plan qui divise la couche en deux parties égales. En comparant les valeurs calculées sur ces trois éléments, on peut ainsi savoir si une couche s'amincit ou s'épaissit et si ces amaigrissements ou engraissements se font sentir sur le toit ou sur le mur de la couche, en considérant le plongement du plan moyen.

Les cas suivants peuvent se présenter :

1. — Si une couche s'amincit d'une quantité égale par rapport au plongement moyen de l'ensemble des couches, on a :

- A. — Augmentation du pendage du toit.
- B. — Fixité du pendage du plan moyen.
- C. — Diminution du pendage du mur.

2. — Si la couche s'épaissit d'une quantité égale par rapport au plongement moyen de l'ensemble des couches, on a :

- A. — Diminution du pendage du toit.
- B. — Fixité du pendage du plan moyen.
- C. — Augmentation du pendage du mur.

3. — Si la couche s'épaissit exclusivement au bénéfice du toit, on a :

- A. — Diminution du pendage du toit.
- B. — Diminution du pendage du plan moyen.
- C. — Fixité du pendage du mur.

4. — Si la couche s'épaissit exclusivement au bénéfice du mur, on a :

- A. — Fixité du pendage du toit.
- B. — Augmentation du pendage du plan moyen.
- C. — Augmentation du pendage du mur.

5. — Si la couche s'amincit au détriment du toit on a :

- A. — Augmentation du pendage du toit.
- B. — Augmentation du pendage du plan moyen.
- C. — Fixité du pendage du mur.

6. — Si la couche s'amincit au détriment du mur, on a :

- A. — Fixité du pendage du toit.
- B. — Diminution du pendage du plan moyen.
- C. — Diminution du pendage du mur.

7. — Si la couche s'augmente au bénéfice du toit, mais diminue au détriment du mur, on a :

- A, B, C. — Diminution de tous les pendages.

8. — Si la couche s'amincit au détriment du toit, mais augmente au bénéfice du mur, on a :

A, B, C. — Augmentation de tous les pendages.

9. — S'il y a faille avec rejet, une variation anormale doit apparaître dans les colonnes de chiffres.

Connaissant toutes les possibilités géométriques, il nous est possible d'aborder l'examen de quelques couches dont les délits limites sont nettement reconnaissables et évalués à leur cote exacte, sans prendre en considération les limites des carottes de sondage¹.

Couche N. — Cette couche est facile à reconnaître à cause de la fréquence des grains de glauconie.

Sondage n° 1.....	Toit 242 m. 40
— 2.....	— 241 m. 56
— 3.....	— 242 m. 00 ou 242 m. 28
— 4.....	— 241 m. 525

Dans le sondage n° 3, le nuage de glauconie apparaît obliquement dans la carotte entre 242 mètres et 242 m. 28.

Sondage n° 1.....	Mur 241 m. 96
— 2.....	— 240 m. 58
— 3.....	— 241 m. 32
— 4.....	— 241 m. 11

Ce qui nous donnerait pour l'épaisseur de la couche N :

Sondage n° 1.....	0 m. 44
— 2.....	0 m. 98
— 3.....	0 m. 68 ou 0,96 (moy. 0,82)
— 4.....	0 m. 415

Voilà des chiffres fort différents, et cependant il se dégage une règle : à savoir que sur la rive droite l'épaisseur est à peu près constante ; elle va en augmentant vers la rive gauche et d'autant plus que l'on s'éloigne du sondage n° 1.

Cherchons maintenant à connaître, en appliquant les règles ci-dessus énoncées, si l'épaississement se fait vers le haut ou le bas de la couche ; pour cette opération, continuons à comparer au sondage n° 1.

	Pendage	Pendage
	—	—
Sondages 1-2.....	Toit 0 m. 84	Mur 1 m. 38
Sondages 1-3.....	— 0 m. 12 ou 0 m. 40	— 0 m. 64
Sondages 1-4.....	— 0 m. 87	— 0 m. 85

Nous constatons qu'entre 1 et 2 la couche s'épaissit à la fois en haut et en bas ;

¹ D'où des variations dans les cotes-limites des couches avec celles indiquées dans les descriptions des sondages. Nous n'avons pas voulu modifier les journaux de sondage afin de montrer les étapes successives de nos recherches.

entre 1 et 3, la couche s'épaissit vers le haut et légèrement vers le bas ; entre 1 et 4 il y a une très légère diminution d'épaisseur en haut et en bas.

Ceci acquis, ne cherchons plus le pendage en nous basant sur le toit et le mur comme dans le tableau ci-dessus, mais en nous basant sur le plan moyen, nous aurons :

	Sondage 1	Sondage 2	Sondage 3	Sondage 4
Toit....	242 m. 40	241 m. 56	242 m. 00	241 m. 28
Mur....	241 m. 96	240 m. 58	241 m. 32	241 m. 11
		Moyenne (plan moyen)		
	242 m. 18	241 m. 07	241 m. 66	241 m. 317

Différence :

Sondages 1-2 sur le plan moyen	1 m. 11
Sondages 1-3	— 0 m. 52 ou 0 m. 38 (moyenne 0 m. 45)
Sondages 1-4	— 0 m. 863

Les décalages calculés sur le terrain devraient être de :

Sondages 1-2.....	1 m. 20
Sondages 1-3.....	0 m. 50
Sondages 1-4.....	0 m. 88

Nous corrigeons ainsi quelque peu les valeurs calculées sur affleurements. Examinons une autre couche pour savoir si la correction est du même sens.

Couche V.

Sondage n° 1.....	Toit 235 m. 425	Mur 234 m. 45
— 2.....	— 234 m. 350	— 233 m. 22
— 3.....	— 234 m. 860	— 233 m. 83
— 4.....	— 234 m. 400	— 233 m. 55

Ce qui nous donne pour l'épaisseur de cette couche :

Sondage n° 1.....	0 m. 975
— 2.....	1 m. 13
— 3.....	1 m. 03
— 4.....	0 m. 85

L'épaisseur de cette couche est plus constante que celle de la couche N, mais la règle de variations d'épaisseurs se retrouve. Il est inutile pour des différences si faibles de rechercher dans quel sens vertical la couche s'épaissit ou s'amincit.

En comparant toit et mur des sondages 2, 3, 4, avec le sondage n° 1, il y aurait un pendage de :

Sondages 1-2.....	Toit 1 m. 075	Mur 1 m. 23
— 1-3.....	— 0 m. 565	— 0 m. 62
— 1-4.....	— 1 m. 025	— 0 m. 90

En déterminant ce pendage sur le plan moyen de la couche selon la méthode employée pour la couche N, nous aurons :

Sondages 1-2	: sur le plan moyen	1 m. 152	; sur l'affleurement	1 m. 20
— 1-3		0 m. 592		0 m. 50
— 1-4		0 m. 962		0 m. 88

Ces chiffres sont un peu différents de ceux trouvés pour la couche N, mais ils sont relativement semblables. La variation de quelques centimètres est due à la variabilité de puissance de la couche et il ne faut pas oublier que nous comparons des coupes situées à une distance minimum de 59 mètres les unes des autres.

Couche Y".

Sondage n° 1	.....	Toit	222 m. 83	Mur	221 m. 91
— 2	.....	—	221 m. 64	—	indéfinissable
— 3	.....	—	222 m. 29	—	221 m. 33
— 4	.....	—	221 m. 94	—	221 m. 00

Ce qui nous donne pour l'épaisseur de la couche :

Sondage n° 1	.....	0 m. 92
— 2	.....	?
— 3	.....	0 m. 96
— 4	.....	0 m. 94

En comparant toit et mur avec ceux du sondage n° 1, on a les plongements suivants :

Sondages 1-2	.....	Toit	1 m. 19	Mur	?
Sondages 1-3	.....	—	0 m. 54	—	0 m. 58
Sondages 1-4	.....	—	0 m. 89	—	0 m. 91

Recherchons la valeur des pendages sur le plan moyen de la couche :

Sondages 1-2	.....	?
— 1-3	.....	0 m. 56
— 1-4	.....	0 m. 90

Nous trouvons donc des valeurs très semblables aux précédentes.

Couche Z".

Le mur seul peut nous donner des renseignements utiles.

Sondage n° 1	.....	Mur	217 m. 34
— 2	.....	—	216 m. 245
— 3	.....	Non atteinte par le sondage	
— 4	.....	Mur	216 m. 37

Comparé au sondage n° 1, le pendage est de :

Sondages 1-2.....	1 m. 095
— 1-3.....	?
— 1-3.....	0 m. 97

Nous avons choisi à dessein les couches N, V, Y'', Z'', parce que ce sont les seules couches des colonnes de sondage où l'on puisse établir des niveaux certains, au centimètre, sans que l'observation puisse être qualifiée de subjective.

En outre, ces couches se répartissent à différentes hauteurs dans les colonnes, ce qui fait que, si un écart se produisait dans les valeurs moyennes des pendages, une diaclase oblique avec rejet qui n'intéresserait qu'une section d'une colonne serait immédiatement signalée. Nous pouvons ainsi déjà nous prononcer sur la fissure rencontrée dans la couche U du premier sondage. Elle n'est en tout cas pas le résultat d'une diaclase à rejet et nous verrons plus loin, dans le paragraphe suivant, l'importance de cette déduction.

Les valeurs de pendage trouvées sont donc les suivantes :

	Sondages 1-2	Sondages 1-3	Sondages 1-4
N { Toit.....	0 m. 84	0 m. 26	0 m. 87
{ Plan moyen.....	1 m. 11	0 m. 45	0 m. 863
{ Mur.....	1 m. 38	0 m. 64	0 m. 85
V { Toit.....	1 m. 075	0 m. 565	1 m. 025
{ Plan moyen.....	1 m. 152	0 m. 592	0 m. 962
{ Mur.....	1 m. 23	0 m. 62	0 m. 90
Y'' { Toit.....	1 m. 19	0 m. 54	0 m. 89
{ Plan moyen.....	?	0 m. 56	0 m. 90
{ Mur.....	?	0 m. 58	0 m. 91
Z'' { Mur.....	1 m. 095	?	0 m. 97
Valeur calculée sur l'affleurement.....	1 m. 20	0 m. 50	0 m. 88

Ces valeurs sont quelque peu différentes les unes des autres. *L'écart autour de leur moyenne provient du fait de l'inégale puissance de ces couches.* Le fait de voir les chiffres de ces trois colonnes osciller autour de valeurs très semblables, dont la cause de variation nous est connue, c'est-à-dire l'épaisseur des couches, est la démonstration de l'absence complète de diaclase avec rejet dans le cañon, à Génissiat.

Si pour la couche N nous ne possédions que les chiffres du toit et du mur, on pourrait croire qu'un décalage existe dans cette couche, mais connaissant la variabilité d'épaisseur de la couche et le plongement moyen, on voit que toute idée de décalage brusque, dû à une faille, doit être écartée.

Les chiffres de plongements d'un sondage à l'autre sont les suivants :

	CALCULÉ SUR L'ENSEMBLE DES CHIFFRES DU TABLEAU PRÉCÉDENT	CALCULÉ SUR LE PLAN MOYEN	CALCULÉ SUR L'AFFLEUREMENT
Sondages 1-2	1,134	1,136	1,20
— 1-3	0,534	0,537	0,50
— 1-4	0,914	0,912	0,88
Moyenne des 3 valeurs.	0,861	0,861	0,860

La comparaison de ces trois moyennes nous démontre d'une manière absolue l'absence totale de diacrise avec rejet dans le cañon, sur l'emplacement projeté par le barrage.

Cherchons à connaître si les couches comprises dans le quadrilatère déterminé par les sondages subissent un gauchissement. Il n'y a qu'à trouver la différence de croisement des diagonales de la moyenne des plans moyens. On constate que le gauchissement est de plus ou moins 0,0785, autrement dit les couches forment dans l'ensemble des plans presque droits, raison de plus pour penser qu'elles ne sont pas brisées.

Avant de terminer ce paragraphe relatif aux résultats des sondages diamantés, il est un fait sur lequel nous désirons attirer l'attention, à savoir l'inégalité frappante des cotes du sommet de la sédimentation sombre hauterivienne. Un esprit non prévenu pourrait penser à une cassure s'il ne savait pas déjà qu'une couche très profonde, la couche Z', inférieure à ce sommet de la sédimentation hauterivienne, ne subissait aucun décalage spécial.

Les cotes du sommet de cette sédimentation hauterivienne sont les suivantes :

Sondage n° 1.	227 m. 66	En comparaison avec le sondage n° 1, les cotes devraient être, vu le plongement repéré sur d'autres couches :	227 m. 66
— 2.	230 m. 84		226 m. 46
— 3.	232 m. 68		227 m. 16
— 4.	232 m. 60		226 m. 88

Comme on retrouve au-dessous de cette sédimentation grise des couches qui permettent un repérage parfait, semblable à celui des couches qui la surmontent, on voit que l'irrégularité du sommet de l'Hauterivien gris est un phénomène de sédimentation, phénomène du reste bien connu ; la teinte grise est le résultat de l'apport sableux toujours très irrégulier dans l'Hauterivien jurassien.

V. — Étude des parois émergées

A Génissiat, la région émergée est constituée par :

- 1° l'Urgonien supérieur formant paroi ;
- 2° l'Urgonien moyen formant un versant incliné, en grande partie couvert par des éboulis.

L'Urgonien supérieur est constitué par des calcaires compacts, durs, marmoréens. L'examen des parois de la rive droite ne démontre aucune cassure. On ne voit que

quelques fissurations propres à toutes les têtes d'affleurement et qui disparaîtront avec le décapage de la paroi. En aval, à quelques cents mètres, sous le château de Génissiat, la roche, plus fraîchement décapée que dans l'éperon du rocher Bouquet, nous montre le caractère sain de la pierre telle qu'elle se montrera après le décapage.

Sur la rive gauche, un peu en aval du mur aval du barrage, le déboisement du versant a fait apparaître deux diaclases qui nous ont intrigué un certain temps.

La diaclase nord se présente comme une faille normale oblique, avec un rejet de 1 m. 50. La diaclase sud, un peu en aval, ne possède pas de rejet.

On aurait pu croire que, vu sa direction, la faille nord était la prolongation de la fêlure rencontrée dans le sondage n° 1. Mais dans cette hypothèse, puisque le rejet est nul dans l'accident sud, qu'il s'accroît dans la diaclase nord, *il aurait dû être plus exagéré encore dans le sondage n° 1 plus au Nord encore*, et enfin, dans la paroi de la rive droite, la trace de la faille avec un rejet toujours plus exagéré aurait dû être nettement visible.

Or, les calculs de l'inclinaison des couches dans les sondages nous montrent que la fêlure du sondage 1 est sans rejet, et d'autre part, dans la paroi de la rive droite, dans la prolongation de la faille, prolongation que nous avons recherchée par un alignement soigneusement fait, il n'y a aucune trace de cassure, ainsi que nous le disions plus haut. Comme toute la paroi est visible et abordable, il ne peut y avoir aucun doute.

Dès lors, nous nous sommes aperçu qu'il s'agissait d'un phénomène purement local : il s'agit d'une masse détachée de la paroi et ayant légèrement pivoté autour d'un axe perpendiculaire à la paroi. Le bloc a un volume d'environ 2 000 mètres cubes.

Pour bien nous assurer qu'il s'agissait d'un phénomène local, nous avons fait décapier les deux cassures.

Ce bloc instable, bien qu'encore solidement fixé à la montagne, étant situé en face de l'usine génératrice, devra être démantelé¹.

L'Urgonien supérieur, à part cette diaclase locale, qui n'est pas, à proprement parler, une vraie diaclase mais une déchirure d'un bloc qui se prépare à tomber, comme cela s'est passé à différentes reprises dans le cañon par la loi du recul des versants, est donc sain dans tout le voisinage du barrage projeté. Examiné avec soin, jusqu'au haut du défilé de Monthoux, il ne présente sur les deux rives *aucune diaclase*. Il en est de même en aval du barrage. Il doit donc être considéré comme étanche et sa solidité, en ce qui concerne les appuis, ne peut laisser aucun doute, puisque les couches sont très sensiblement horizontales.

1. L'examen attentif de cette région nous a montré un petit phénomène local sur lequel on pourrait se poser les questions que nous nous sommes faites. Sur le bloc reposent directement les sables verts de la base de la molasse. Or ces sables, dans l'Urgonien bien en place, sont à environ 20 mètres plus haut. Pour ces sables, le rejet de la faille serait donc d'environ 20 mètres, alors qu'il est de 0 à 1 mètre pour l'Urgonien. Cette différence est explicable en supposant que les sables verts reposent sur une surface corrodée de calcaire urgonien. Ces sables se sont déposés après une période continentale. Il est donc vraisemblable qu'ils reposent par places sur une surface irrégulière d'Urgonien. Il s'agit là d'un détail sans importance, mais qui peut être intéressant à connaître.

Examinons maintenant l'*Urgonien moyen*.

Sur l'emplacement choisi du futur barrage, sous le rocher Bouquet, cet *Urgonien moyen* n'est pas visible parce qu'il est recouvert par une couche d'éboulis. Examiné en amont et en aval, il ne présente rien d'anormal.

Toutefois, selon la méthode rigoureuse, basée sur la connaissance exclusive des faits locaux, que nous nous sommes imposée dès le début de nos recherches, je n'ai pas voulu m'en tenir à de simples comparaisons, poussé que j'étais du reste par une circonstance spéciale.

Dans le sondage au diamant n° 3 (rive gauche amont), on sait qu'il a été rencontré, près de la surface, de l'argile résiduaire provenant d'un ancien passage d'eau. D'autre part, en faisant les fouilles pour placer la plateforme du sondage n° 1, il a été découvert une petite source dont nous avons pu trouver le point d'émergence naturel, situé au pied de l'escarpement de l'*Urgonien supérieur*.

Si nous admettons que le cañon a dû se creuser avec une vitesse très grande, en partie égale au chiffre de recul actuel de la Perte du Rhône, et si nous admettons que le remplissage par l'alluvion a dû suivre de très près le sciage remontant du cañon (ce qui est démontré par la conservation du lit mineur rocheux qui aurait été détruit très rapidement s'il n'avait pas été immédiatement enfoui), les eaux d'infiltration et d'imbibition ont dû posséder depuis une époque très ancienne un niveau piézométrique qui se raccordait au Rhône, et au Rhône ayant très sensiblement son niveau actuel ou un peu plus bas, ce que démontre la poche d'argile rencontrée dans le sondage n° 3.

Si cette manière de voir est juste, comme l'on sait que la couche C a été et est particulièrement résistante à l'érosion du Rhône, celui-ci, partout où se trouve la couche C, a dû séjourner un peu plus longtemps qu'ailleurs sur cette couche C jusqu'à ce qu'il soit arrivé à former son étroit.

On peut donc s'attendre à trouver sur la couche C, de place en place dans le cañon, des traces d'argile résiduaire. J'ai visité attentivement quelques tronçons du cañon pour vérifier cette hypothèse, et en effet, en un point, dans l'amont du défilé de Monthoux, j'ai pu trouver, au-dessus de la couche C, quelques restes d'argile résiduaire.

Ceci acquis, il devenait fort probable que cette argile résiduaire devait se trouver un peu plus abondante à Génissiat et à Malpertuis, parce que, au temps de résistance de la couche C, s'ajoute le temps qui s'est écoulé depuis que le niveau C est toujours au niveau du fleuve. Autrement dit, le niveau piézométrique s'étant raccordé plus longtemps au même point, avec le Rhône, l'argile résiduaire doit être, en conséquence, plus abondante en ces points où existent des traces d'eau.

Voilà une hypothèse plutôt pessimiste ; il était urgent de la vérifier.

Pour cette vérification, et pour connaître en même temps la composition des roches de l'*Urgonien moyen*, nous faisons percer deux galeries au-dessus de la couche C dans les deux versants (ces galeries sont en cours d'exécution).

Nous avons implanté ces galeries dans la région où l'on devait pouvoir rencontrer *le maximum* d'argile résiduaire et le plus près de la surface. La galerie de la rive droite est placée aussi près que possible de la petite source rencontrée dans les terrassements de la plateforme du puits n° 1 et celle de la rive gauche près du sondage n° 3, qui nous avait révélé la présence de cette argile.

L'hypothèse a été pleinement vérifiée en ce qui concerne la rive droite.

La coupe en long de la galerie rive droite est la suivante :

Eboulis ou roche fissurée (partie boisée).....	12 mètres
Urgonien avec poches d'argile résiduaire.....	15 mètres
Puis roche saine à partir de ce moment.	

Comme il y a beaucoup de probabilités que ces poches d'argile résiduaire se maintiennent du côté de la petite source, qui est à quelques mètres au Nord de la galerie, nous avons entamé une galerie longitudinale vers le Sud, parallèle à l'axe du Rhône et distante de l'entrée de la galerie transversale de 23 m. 6. Après avoir cheminé pendant 8 m. 30 dans de l'Urgonien avec poches d'argile, la galerie est entrée dans la roche saine.

Sur la rive gauche, la coupe en long de la galerie est la suivante :

Eboulis ou roche fissurée (partie boisée).....	13 m. 40
Urgonien.....	8 mètres.

Dans cet Urgonien, il a été rencontré deux petites poches d'argile sans importance, dont l'une est si près de la surface de la roche relativement saine que l'on peut la négliger.

Il découle de ces faits que les galeries démontrent, pour l'instant, que la roche se montre localement plus saine sur la rive gauche que sur la droite. La galerie rive droite sera continuée encore quelques mètres.

Ainsi l'hypothèse de la présence de l'argile résiduaire sur la rive droite a été pleinement confirmée et on pouvait, semble-t-il, avec la même assurance, déclarer que cette argile résiduaire devait cesser peu à peu vers le Sud. C'est ce qu'a démontré la galerie longitudinale.

Quelles sont les conséquences de la présence de cette argile ? Elles ne sont pas pour nous émouvoir.

Mais avant de dire pourquoi elles ne nous inquiètent pas, et ce mot est déjà bien gros, nous devons parer à une observation que l'on pourrait faire à propos de la longueur de ces galeries jusqu'à la rencontre de la roche saine. En ce qui concerne la rive droite, la roche est déjà saine à 16 mètres de profondeur et c'est par prudence que nous avons tenu à perforer jusqu'à 21 mètres. A cette profondeur on se trouve sensiblement sous l'à pic de la paroi de l'Urgonien supérieur. Or, comme celui-ci doit être lui-même très profondément réglé pour recevoir les appuis, cette profondeur de 16 mètres n'a rien d'exceptionnel. Il est bon d'ajouter encore que la galerie est faite à la base du talus, dans une région où l'éboulis possède sa puissance maximum. Nous dirons donc que cette épaisseur de 16 mètres à la base du talus est normale. J'estime même qu'il faudra entamer davantage, ce qui se décidera au moment de l'exécution.

La profondeur de 27 mètres sur la rive droite est également normale, parce que sur cette rive, en vertu de la conformation bien connue des vallées monoclinales, les talus sont plus doux ou plus longs (selon la ligne de plus grande pente) ce qui revient au même. A cette profondeur de 27 mètres on se trouve également à l'à pic de la paroi de l'Urgonien supérieur; par la même raison que sur la rive opposée, il faudra très probablement abattre l'Urgonien inférieur jusqu'à cet à pic.

Pour les poches, il y a deux moyens de s'en débarrasser. Dans l'exécution, ces poches pourront être suivies de petites galeries et soigneusement obturées au ciment, car il faut faire remarquer que tant que l'air n'a pas atteint l'argile, celle-ci forme une matière compacte et imperméable. Nous n'avons vu qu'une seule poche qui suintait au moment des fortes pluies de l'hiver.

Avec les moyens d'exécution que l'on aura pendant les travaux, la perforation de ces petites galeries ne sera qu'un jeu.

Enfin, en admettant que ces poches présentent aux yeux d'hommes expérimentés un danger quelconque, il est très facile de les éviter en ripant le corps du barrage d'environ 20 mètres, vers l'aval. Il ne faut pas oublier que nos études ne sont pas encore entièrement terminées et que l'idée du déplacement du projet est dans l'ordre de notre enquête¹.

A part ces poches, et nous venons de donner deux solutions pour les combattre (galeries remplies ou ripage), la roche rencontrée par nos galeries est excellente, d'un grain très serré et compacte; elle se prête donc bien à jouer le rôle d'un excellent appui pour le barrage projeté.

VI. — Étude du canal de fuite

Pour connaître la nature du terrain qui sera coupé par le canal de fuite, j'ai fait forer 13 sondages à la main le long des parements projetés.

Nous avons ainsi cherché à connaître :

- 1° L'épaisseur des roches meubles.
- 2° La présence possible de plans de glissement dans ces roches meubles.
- 3° La profondeur de la roche en place formée par les calcaires urgoniens horizontaux.

Les résultats des sondages sont les suivants :

Parement de la rive droite, de l'amont vers l'aval

Sondage n° 1 (cote 334 m. 38).

Terre végétale.....	0 m. 20
Graviers.....	3 m. 40
Calcaire urgonien (cote).....	330 m. 78

1. J'ai fait prolonger la galerie longitudinale de la rive droite. Au 6 juillet 1912 elle a 28 m. 50 de longueur. Les poches argileuses sont insignifiantes et la roche est compacte. Il suffira donc de ripper le barrage (*Note ajoutée pendant l'impression*).

Sondage n° 3 (cote 341 m. 22).

Terre végétale.....	0 m. 21
Marne glaciaire à cailloux.....	1 m.
Marne glaciaire sans cailloux.....	2 m. 10
Marne glaciaire à cailloux.....	0 m. 50
Calcaire urgonien (cote)...	337 m. 38

Sondage n° 5 (cote 345 m. 82).

Terre végétale.....	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux.....	6 m. 62
Calcaire urgonien (cote).....	338 m. 80

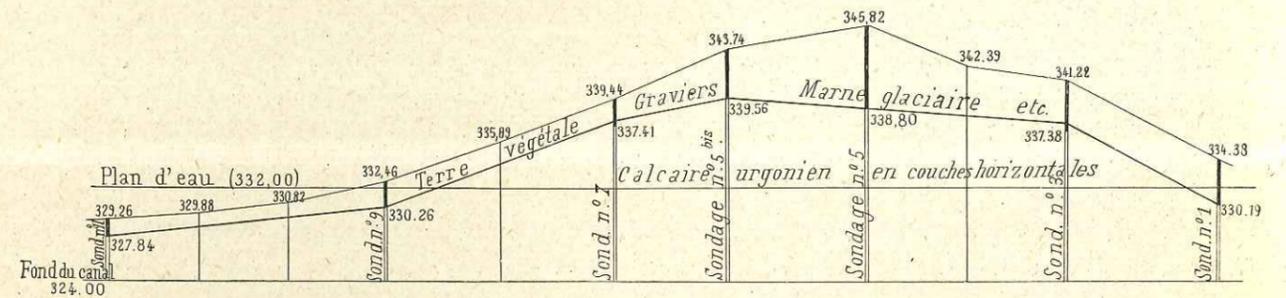


FIG. 23. — PAREMENT DE LA RIVE DROITE DU CANAL DE FUITE

Sondage n° 5 bis (cote 343 m. 74).

Terre végétale.....	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux.....	3 m. 78
Calcaire urgonien (cote).....	339 m. 56

Sondage n° 7 (cote 339 m. 44).

Terre végétale.....	0 m. 40
Cailloutis.....	0 m. 60
Marne.....	0 m. 40
Calcaire urgonien (cote).....	338 m. 04

Sondage n° 9 (cote 332 m. 46).

Terre végétale.....	0 m. 40
Marne à cailloux.....	1 m. 80
Calcaire urgonien (cote).....	330 m. 26

Sondage n° 11 (cote 329 m. 26).

Terre végétale.....	0 m. 50
Cailloutis.....	0 m. 80
Calcaire urgonien (cote).....	327 m. 96

Ces sondages ne nous ont révélé aucun plan de glissement. La marne glaciaire s'y montre quelque peu disloquée par places, mais c'est une marne sèche non ou à

peine plastique, sans poches limoneuses, en conséquence une matière qui n'offrira que la pression ordinaire des terres.

Les 2/3 du parement du côté montagne seront en rochers au-dessus du plan d'eau. La roche qui sera immergée ne se trouve pas sous le plan d'eau à une profondeur qui excède 5 mètres.

La constitution géologique du parement droit du canal de fuite ne peut guère être plus favorable. Elle est même exceptionnelle pour un tel pays où les glissements de terrain glaciaire sont très fréquents.

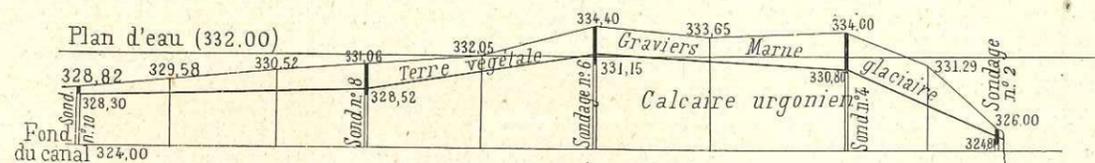


FIG. 24. — PAREMENT DE LA RIVE GAUCHE DU CANAL DE FUITE

Parement de la rive gauche, de l'amont vers l'aval

Sondage n° 2 (cote 326 m.)	
Terre végétale.....	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote).....	325 m. 40
Sondage n° 4 (cote 334 m.)	
Terre végétale.....	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux.....	1 m.
Marne brune.....	1 m.
Marne blanche.....	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote).....	331 m.
Sondage n° 6 (cote 334 m. 40)	
Terre végétale.....	0 m. 60
Marne.....	1 m. 80
Calcaire urgonien (cote).....	332 m.
Sondage n° 8 (cote 331 m. 06)	
Terre végétale.....	0 m. 40
Marne.....	1 m. 20
Marne sableuse.....	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote).....	328 m. 86
Sondage n° 10 (cote 328 m. 82)	
Terre végétale.....	0 m. 52
Calcaire urgonien (cote).....	328 m. 30

Ces sondages du parement gauche nous montrent que la roche calcaire en place se trouve à une faible profondeur au-dessous du plan d'eau. Elle émerge même localement au-dessus de celui-ci. La digue pourra donc être partout implantée dans la roche en place.

Ainsi donc, tout le fond du canal de fuite sera en calcaire. Par simple mesure d'extrême prudence, nous proposons que le fond du canal soit entièrement revêtu afin d'éviter toute chance d'infiltration.

Enfin nous proposons encore que du côté montagne une chemise de drainage soit placée en arrière du mur pour éviter toute infiltration sous les maçonneries des eaux phréatiques. Le canal de drainage pourra déboucher dans l'un des gradins du déversoir.

Le déversoir du canal est situé dans le chenal du ruisseau de Génissiat. La chute de 70 mètres sera coupée en quatre gradins. Afin d'éviter l'action des mouvements tourbillonnaires, créateurs des marmites de géant, celles-ci seront pour ainsi dire préparées à l'avance, en ce sens que chaque gradin contiendra une auge d'environ six mètres de profondeur.



FIG. 25. — LE VIADUC DE LONGERAY

CHAPITRE IV

L'AVENIR DU LAC DE GÉNISSAT.

I. — Le colmatage du bief

Le barrage de Génissiat créera un lac d'une superficie de 380 hectares (fig. 5, p. 18), long d'environ 23 kilomètres, contenant 50 millions de mètres cubes d'eau. La profondeur du lac ira peu à peu en diminuant vers l'amont. Sa section transversale se contractant, le remous commencera à se faire sentir un peu en amont du viaduc de Longeray (fig. 25). A la frontière il atteindra 332 m. 85 aux basses eaux et 333 m. 50 pour un débit de 500 mètres cubes. Il dépassera cette dernière cote pendant 69 jours par an en moyenne.

Un lac est un phénomène géologique temporaire. Tôt ou tard, les matériaux transportés par les rivières et ruisseaux tributaires finissent par le remplir. Quel sera donc l'avenir du lac de Génissiat ?

La question a déjà été traitée par M. l'ingénieur Coutagne, et par moi-même, très sommairement, dans ma conférence de Paris et d'un peu plus près dans celle de Genève. Comme ma manière d'envisager la question diffère de celle de M. Coutagne et comme mon argumentation m'amène à assurer une vie plus longue au lac que celle calculée par le même ingénieur, il peut être intéressant que nous nous arrêtions un

instant sur ce point d'autant que je suis à même d'apporter quelques résultats comparatifs nouveaux ¹.

Les matériaux charriés par les fleuves sont de trois sortes :

- 1° Matières dissoutes ;
- 2° Matières en suspension et flottantes ;
- 3° Matières en roulement.

Seules, ces deux dernières catégories nous intéressent.

Ces matières en suspension et en roulement se comportent dissemblablement l'une et l'autre en arrivant dans un bassin lacustre. Les premières se disséminent sur presque toute la surface du fond rocheux de la cuvette en formant une plaine, les secondes se déposent immédiatement en arrivant dans la cuvette. Le schéma suivant fait comprendre cette répartition inégale (fig. 26).

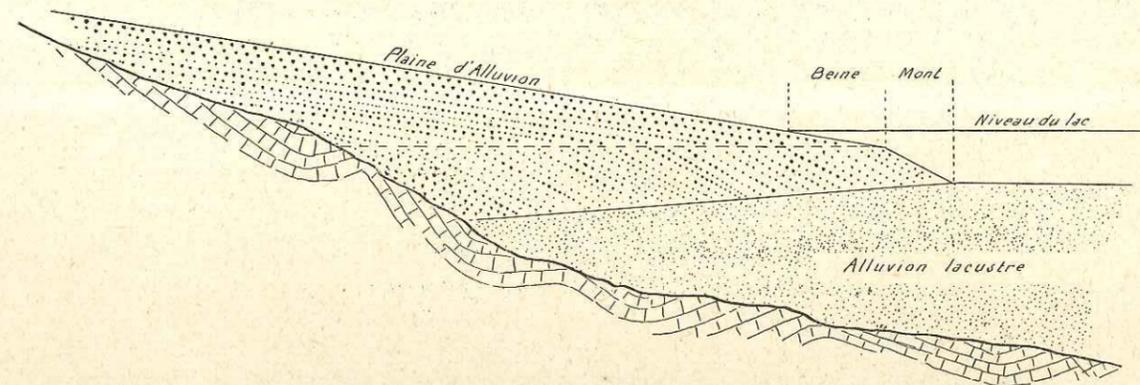


FIG. 26. — SCHÉMA DE L'ALLUVIONNEMENT LACUSTRE

Peu à peu, le delta torrentiel envahit la plaine constituée par des alluvions impalpables. La *beine*, c'est-à-dire la surface du delta, avance en se couvrant de l'alluvion la plus grossière, qui forme des couches très légèrement inclinées vers l'aval. Leur inclinaison dépend de la puissance du cours d'eau. Plus celui-ci est puissant, moins le cône qu'il construit est incliné.

Ces couches de la *beine* croissent en épaisseur au fur et à mesure de l'avancement du delta. Elles émergent peu à peu : l'alluvionnement envahit, en conséquence, des territoires situés en amont de la limite amont primitive du lac.

Le sommet du *mont*, c'est-à-dire le haut de la pente de remblaiement reste sensiblement au même niveau. Le mont couvre peu à peu la zone d'alluvions impalpables. Comme cette zone croît de bas en haut et que le delta avance vers l'aval du lac, la ligne de séparation des deux systèmes de dépôt (qui n'est pas en réalité une ligne bien démarquée mais plutôt une bande de transition) n'est pas horizontale. Si le delta croît très vite, c'est une ligne légèrement descendante vers l'aval ; si le delta marche lentement, c'est l'inverse.

¹ Les chiffres de ce présent mémoire diffèrent de ceux indiqués à Genève et à Paris. Je n'avais fait qu'envoyer le problème sommairement lorsque j'ai fait mes conférences dans ces deux villes.

Deux phénomènes doivent donc nous préoccuper :

1° Alluvionnement du fond du lac par de l'alluvionnement impalpable qui construira une plaine sous-lacustre.

2° Alluvionnement par les matières en roulement, qui formeront un delta qui émergera insensiblement en formant une plaine qui envahira, d'aval en amont, le territoire en amont du lac.

La pente du delta dépend de la puissance du fleuve. Elle représente strictement la ligne d'équilibre fluvial. Si cette pente existait primitivement, avant la formation d'un lac artificiel, la reconstitution de la nouvelle pente serait rigoureusement parallèle à la première. Dans le cas particulier, par le fait des épigénies du Rhône dans la plaine genevoise, la pente moyenne du fleuve entre le Léman et la frontière suisse (rive gauche) est de 1,53 par kilomètre, ce qui est une pente plus forte que celle qui se construirait si on laissait le delta s'accroître vers l'amont.

M. Coutagne estime la pente future du lit alluvionné à 1,20 pour mille. Je considère ce chiffre comme trop élevé. En me basant sur la carte topographique de la Suisse, on peut calculer que la pente la plus faible de la plaine du Rhône, dans le voisinage de son débouché dans le Léman, est de 0,9 par kilomètre. Si on ajoute encore l'Arve, ce chiffre ne peut que diminuer. Mais supposons une pente de 0,9 pour mille. Si on laissait s'alluvionner complètement le lac de Génissiat, il se formerait une plaine d'alluvion qui envahirait le territoire suisse. Sur la verticale de la rive amont de l'ancien lac de Génissiat, l'épaisseur d'alluvion serait de 20,70. Avec cette pente, la plaine ne se raccorderait nulle part avec la pente actuelle du Rhône, car l'alluvionnement atteindrait environ 4 mètres d'épaisseur à la naissance du Rhône lémanien, dans Genève.

Mais cette éventualité n'est pas une chose de demain. Aussi, prenons un exemple plus concret, semblable à celui choisi par M. Coutagne ; supposons que l'alluvionnement ne soit que de 10 kilomètres. A ce moment, la couche de gravier à la frontière franco-suisse sera de 9 mètres. Et le delta se raccorderait avec le lit actuel du Rhône à 10 kilomètres en amont, à l'altitude de 350 mètres, soit au pied du barrage projeté par les Genevois à la Plaine ; un autre barrage projeté également dans le tronçon franco-suisse, en amont de Pougny, serait enseveli sous l'alluvion.

Telles seraient les conséquences lointaines de l'alluvionnement dû au seuil artificiel de Génissiat.

II. — Les matières en suspension en 1890

Boné Baëff, élève du professeur Duparc, a, en 1890, le mois d'octobre excepté, calculé journellement la valeur en tonnes, des matières en suspension transportées par l'Arve¹. C'est essentiellement ce cours d'eau qui amènera des alluvions boueuses dans le bief de Génissiat, car le Rhône sort limpide du lac Léman. Il y aurait à ajouter aussi les matières transportées par la Valserine et quelques autres petits tributaires.

1. B. BAËFF. Les eaux de l'Arve, recherches de géologie expérimentale.

Les échantillons ont été prélevés par Baëff, près du confluent de l'Arve et du Rhône.

Le tableau suivant est extrait du mémoire de Baëff¹ :

	Débit en mètres cubes par mois	Matières en suspension en tonnes
Janvier.....	80 770 000	26 983,07
Février.....	24 850 000	123,80
Mars.....	44 680 000	2 076,50
Avril.....	99 610 000	9 431,40
Mai.....	190 870 000	48 285,80
Juin.....	229 810 000	187 402,90
Juillet.....	217 325 000	88 759,00
Août.....	330 056 000	220 072,00
Septembre.....	183 700 000	20 912,40
Novembre.....	132 040 000	5 930,50
Décembre.....	37 040 000	594,70
Total de 11 mois ..	1 570 751 000	610 572,07
Valeur moyenne pour octobre..	142 796 000	55 506,55
Total annuel.....	1 713 547 000	666 078,62

Soit, en admettant une densité de 2, un cube de matières en suspension de 333 039 mètres³.

Ce chiffre diffère sensiblement de celui admis par M. Coutagne, soit 518 500 mètres cubes avec une densité de 2. C'est que l'honorable ingénieur considère que les matières en *dissolution* se déposeront également dans le futur lac. M. Coutagne me permettra de ne pas être de son avis, car, d'aucun lac, on ne voit sortir l'eau chimiquement pure. Je pense qu'il s'agit d'une erreur de transcription de la part de M. Coutagne, mais une erreur de près de 200 000 mètres cubes a de l'importance.

Les chiffres de Baëff sont à considérer comme des minima, car il est probable, bien que l'auteur ne l'indique pas, que les échantillons ont été prélevés près de la surface. Il ne nous dit pas également comment était faite la prise des échantillons, ce qui a une grande importance. Il faut que la prise soit pour ainsi dire instantanée, car si le bocal de prélèvement reste quelque temps sous la surface de l'eau, une fois rempli, les matières en suspension s'exagèrent quelque peu.

En outre, on sait que le volume des matières en suspension croît de la ligne de courant vers le fond et vers le bord. On ne possède, à ma connaissance, que peu de renseignements sur les proportions de répartition de la matière en suspension sur la section d'un fleuve.

D'après Humphreys et Abbot, le Mississippi et d'après R. Gordon, l'Irrawaddy présentent les variations suivantes de matières en suspension (grammes par mètre cube).

1. Les chiffres des matières en suspension des 7 premiers mois de l'année, et le résultat total, diffèrent de ceux donnés par Baëff, lequel a fait toute une série de fautes d'addition.
2. Voir plus loin la densité plus exacte.

	Mississippi	Irrawaddy
Surface	558	408
Profondeur moyenne.....	652	512
Fond.....	677	1 377
Moyenne.....	629	766
Augmentation entre la surface et la moyenne.....	13 0/0	88 0/0

Bien que ces chiffres ne soient pas immédiatement comparables, car il s'agit de valeurs constatées sur des fleuves qui ont un régime bien différent de celui de l'Arve, qui ont une section beaucoup plus grande et qui marchent dans des territoires qui les chargent très fortement de matières en suspension, ils nous montrent cependant que les chiffres donnés par Baëff doivent être majorés.

En outre, Erich Uetrecht¹ a étudié le transport du Rhône à la Porte du Sex en Valais. Se basant sur des observations de Bruckner², qui montre que le Rhône valaisan, étant un fleuve glaciaire (et il en est de même pour l'Arve), subit des oscillations journalières en été, dues à la variation dans la fonte des glaciers, Uetrecht fait remarquer, par des expériences, que le transport des matières en suspension est beaucoup plus grand le matin que vers 3 heures de l'après-midi. Comme l'Arve est plus courte que le Rhône, le flot boueux doit probablement passer vers minuit. Les observations de Baëff ayant été exécutées entre 1 et 2 heures de l'après-midi, les chiffres obtenus doivent être considérés également comme des minima, du moins pendant l'été.

Uetrecht, se basant sur des expériences faites en juillet, sur 5 jours, dit qu'il faudrait majorer de 20,13 0/0 les chiffres obtenus dans les échantillons prélevés à 3 heures de l'après-midi.

Cette majoration, due à la fonte des glaciers, n'est à répartir que sur les mois de mai à septembre. La majoration de profondeur est à calculer pour toute l'année. Supposons la première égale à 20 0/0 et la seconde à 12 0/0. Nous aurons alors les chiffres suivants pour 1890.

Janvier.....	30 210 tonnes
Février.....	138 —
Mars.....	2 326 —
Avril.....	10 551 —
Mai.....	63 736 —
Juin.....	260 941 —
Juillet.....	117 161 —
Août.....	290 495 —
Septembre.....	27 604 —
Octobre.....	62 167 —
Novembre.....	6 642 —
Décembre.....	665 —
Total.....	872 636 tonnes

1. ERICH UETRECHT. Die Ablation der Rhône in ihren Walliser Einzugsgebiete im Jahre 1904-05.

2. BRUCKNER. Untersuchung über die tägliche Periode der Wasserführung und die Bewegung der Hochfluten in der oberen Rhone. *Petermanns Mitteilungen*, 1895.

La densité du limon du lac Léman a été calculée par le professeur Chuard¹. Elle est de 2,68. Le limon charrié par l'Arve est de même nature que celui charrié par le Rhône. Nous pouvons donc admettre la même valeur. Ces 872 636 tonnes de l'année 1890 représenteraient donc une masse de 325 610 mètres cubes.

La densité calculée par Chuard est celle du limon sec. Il contiendra évidemment un peu d'eau dans le fond du lac de Génissiat, mais guère plus que ne peut en contenir une argile. Supposons cette eau d'imbibition égale à 10 o/o de la masse, ce qui revient à descendre la densité du limon à 2,51. Dans ce cas le volume des matières en suspension serait de 348 000 mètres cubes².

III. — Répartition des matières en suspension d'après le débit

On sait que les matières en suspension croissent avec le débit. L'accroissement est particulièrement considérable au début de la crue. « Nous avons, dit Baëff, l'augmentation des matières en suspension avec le niveau, et le décroissement rapide de la charge d'alluvion avec l'abaissement de la rivière ».

Utrecht précise ce phénomène non expliqué par Baëff : « Par une forte averse, la poussière est rapidement entraînée et conduite à la rivière. Si la pluie persiste, le lavage diminue parce que le sol est déjà bien lavé. L'eau encore entraînée contient par ce fait moins de matières en suspension que la première eau ».

Et Utrecht démontre son hypothèse par le tableau suivant :

JUIN	DÉBIT EN MÈTRES CUBES	MATIÈRES EN SUSPENSION EN GRAMMES PAR LITRE	JUILLET	DÉBIT EN MÈTRES CUBES	MATIÈRES EN SUSPENSION EN GRAMMES PAR LITRE
24	42 508 000	0,426	14	43 027 000	0,782
25	49 680 000	1,930	15	43 804 000	1,063
26	53 913 000	0,764	16	46 051 000	0,944

1. F. A. FOREL. Le Léman, vol. 1, p. 122.

2. Nous avons essayé de pratiquer quelques recherches sur la répartition du limon dans la section du Rhône à Génissiat, en mai 1912, un jour de grand trouble de l'eau. La vitesse de l'eau sur le fond du lit, sous la ligne de courant, était si impétueuse que le prélèvement d'échantillons n'a pu se faire avec assez de précautions ; la bouteille de prise dut être descendue accompagnée d'un poids énorme. Ne disposant que d'un seul bateau, nous ne pouvions manier un poids supérieur à 40 kilos sans risquer de chavirer. Le poids était entraîné, rabotait le fond et l'échantillon ne pouvait représenter la moyenne normale des matières en suspension dans le fond du lit. Un vrai nuage de graviers voltigeait sur le fond du lit et une épaisseur considérable de galets était certainement en mouvement. A la Perte du Rhône et dans le cañon au-dessous de la Perte, on peut pêcher au filet, les jours de crue, des galets de 10 centimètres de diamètre qui nagent pour ainsi dire. A l'exception du fond, sous la ligne de courant, voici ce qu'était, le jour de l'expérience, la quantité de matières en suspension par mètre cube.

Ligne de courant...	131	grammes
Rive droite, surface.....	121	—
— fond.....	172	—
Rive gauche, surface.....	124	—
— fond.....	128	—

Ces faits ont une grande importance parce qu'ils montrent que la quantité de matières en suspension n'est pas exclusivement fonction du débit, mais fonction du nombre des crues, et de la grandeur relative de celles-ci.

Prenons des exemples dans les chiffres de Baëff :

	DÉBIT EN MÈTRES CUBES EN 24 HEURES	TONNES DE BOUE EN 24 HEURES	DÉBIT	BOUE
Rapport avec le 19				
Janvier 19.....	1 054 000	2 70	1 »	1 »
20.....	1 555 000	19 20	1,5	7 »
21.....	3 525 000	1 320	3,3	500 »
22.....	6 180 000	4 970	6 »	1 800 »
23.....	10 500 000	12 970	10 »	4 800 »
24.....	11 350 000	6 070	10,7	2 248 »
25.....	5 510 000	608	5,2	225 »
26.....	4 665 000	416	4,4	154 »
27.....	3 835 000	96 2	3,7	36 »
Rapport avec le 25				
Juin 25.....	5 820 000	1 449	1 »	1 »
26.....	6 210 000	1 336	1,1	0,9
27.....	7 530 000	5 800	1,3	4 »
28.....	8 520 000	2 780	1,5	2,2
29.....	35 700 000	118 000	6,3	81,4
30.....	16 000 000	13 460	2,8	9,3
Juillet 1.....	17 190 000	19 000	3 »	13 »
2.....	12 140 000	4 175	2,1	2,8
3.....	6 860 000	1 379	1,2	0,9

Ce tableau montre nettement qu'une pluie hivernale, proportionnellement très exagérée (rapport des débits de 1/10), est beaucoup moins à craindre qu'une crue estivale, proportionnellement moins considérable (rapport des débits 1/6,3). Ainsi, les crues énormes de l'hiver 1909-1910, particulièrement celle du 20 janvier qui fit monter le Rhône à la cote 270,18 à Génissiat, auraient transporté beaucoup moins de matières que les hautes eaux de mai par exemple. Ainsi donc, à débit égal, les matières en suspension sont très variables.

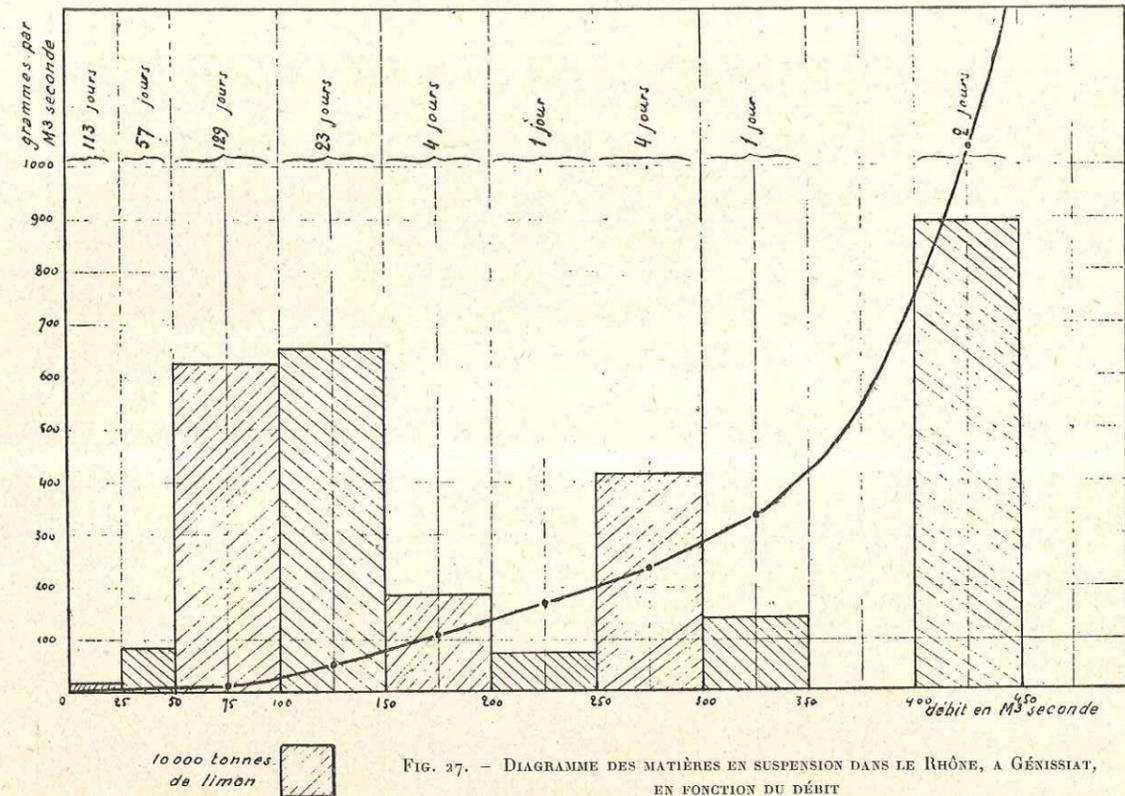
L'examen des chiffres de Baëff et d'Utrecht permet d'établir certaines règles :

1° Les matières en suspension ne sont pas proportionnelles au débit. En moyenne, elles augmentent toutefois avec la moyenne des débits.

2° Si une forte crue se maintient, son effet dans le transport ne se fait sentir qu'à son début.

3° Si des crues se multiplient, souvent séparées par un temps sec, même très court, la proportion de matières en suspension croît durant ces périodes de crues espacées.

4° Une crue hivernale déplace moins de boue qu'une crue estivale relativement plus faible que celle d'hiver.



Toutefois, à l'exemple de M. l'ingénieur Coutagne, j'ai construit la courbe moyenne des matières en suspension en fonction du débit (fig. 27). Les chiffres du tableau suivant m'ont servi de base pour la construction de cette courbe :

DÉBIT EN M ³ PAR SECONDE	NOMBRE DE JOURS	TONNES PAR JOUR	KILOGS PAR M ³ SECONDE	TOTALITÉ
25	113	15,26	0,188	1 724,27
25-50	57	146,68	1,7	8 360,90
50-100	129	975,31	11,29	125 814,90
100-150	23	5 705,8	67,2	131 234
150-200	4	9 484	109,65	37 936
200-250	1	14 570	168,65	14 570
250-300	4	20 678	239,3	82 712
300-350	1	28 620	332,4	28 620
400-450	2	89 800	1 039,3	179 600
	334			610 572,07

Sur le graphique, j'ai indiqué par des rectangles le cube exact charrié et le nombre de jours. Les majorations signalées aux pages 72-73 n'ont pas été envisagées.

On voit nettement par ce graphique, réserve faite des règles indiquées plus haut, que les grandes crues qui se sont fait sentir en été, et particulièrement pendant deux jours, ont exagéré considérablement la quantité totale des matières en suspension. Le 23 o/o environ des boues transportées a passé en deux jours.

IV. — Pluviométrie de l'année 1890 et cube moyen des matières en suspension

Comme nous n'avons à notre disposition qu'une seule année d'étude, il est utile de savoir quel fut son caractère pluviométrique. Nous nous servons des observations faites à Genève. Bien que ces observations soient loin de nous donner un état exact de la météorologie du bassin de l'Arve, nous verrons cependant que les chiffres de l'observatoire de Genève, en ce qui concerne 1890, marchent en parallèle avec les débits de la rivière, ce qui nous permet d'admettre que les variations pluviométriques du bassin de l'Arve sont semblables à celles de Genève.

Moyennes mensuelles :													
MOIS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ANNÉE
Moyenne	42	45	54	65	81	75	79	90	80	113	79	56	859
1890	65	27	36	50	143	95	57	221	63	63	62	30	912
Journées de pluie :													
Moyenne	9,5	9,3	10,2	11,7	11,7	11,1	10,2	10,4	9,3	12,4	11,7	10	127,5
1890	10	5	6	17	14	12	11	19	7	10	13	5	129
Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne mensuelle :													
1890	155	60	67	77	177	127	72	246	79	56	78	54	106
Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne de V à IX (mai à septembre): 143 o/o													
Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne annuelle : 106 o/o													

Ce tableau nous montre que l'année 1890 fut une année pluvieuse, puisqu'il est tombé 912 millimètres de pluie, alors que la moyenne est 859, soit le 106 o/o de la moyenne. Mais ce qu'il y a de particulièrement important à noter, c'est que les chutes de pluie ont été particulièrement importantes en quantité pendant la moyenne des cinq mois pendant lesquels la rivière charrie presque toutes les matières en suspension de l'année. La somme des précipitations, pendant ces cinq mois, atteint le 143 o/o de la moyenne de ces cinq mois.

En comparant ce tableau avec celui des matières en suspension (p. 72), on

trouve nettement la cause du déficit de juillet en 1890, puis la cause du charriage anormal de janvier, etc.

Il y a un tel parallélisme que l'on est tenté d'établir les moyennes des quantités mensuelles charriées par l'Arve. Ces moyennes mensuelles donneraient environ 710 000 tonnes par année au lieu des 872 636 de l'année 1890.

La conclusion à tirer de ce tableau est nette, pour autant que sont exactes les observations de Baëff ; on peut estimer que l'année 1890 représente une période de charriage un peu au-dessus de la moyenne.

Nous admettrons donc que la quantité de matières en suspension transportées par l'Arve est en moyenne de 700 000 tonnes par an, soit, à la densité de 2,51, un cube de 279 000 mètres.

Afin de faire intervenir l'alluvion transportée par les autres tributaires du Rhône, estimons la masse annuelle moyenne à 350 000 mètres cubes.

V. — La décantation des matières en suspension

Le lac de Génissiat aura un volume de 50 millions de mètres cubes.

En se basant sur le débit moyen du Rhône, de 1899 à 1907, l'eau du lac sera renouvelée, au début de l'existence du bief, selon le tableau suivant :

	NOMBRE	VITESSES	NOMBRE
	MINIMUM D'HEURES	MINIMALES MOYENNES	DE JOURS PAR AN
Pour un débit : 600 m ³ par seconde	23	0,28	20
500-600 —	28	0,23	49
400-500 —	35	0,18	43
300-400 —	46	0,14	53
240-300 —	64	0,11	28
200-240 —	70	0,09	53
Total des jours avec un débit supérieur à 200 m ³ = 246.			

La vitesse de décantation du limon lacustre est très lente. On doit quelques expériences à Forel ¹.

Ayant mis 8 grammes de limon dans 10 litres d'eau, le savant suisse fit les observations suivantes au photomètre :

1^{er} jour. — Début de l'expérience, midi.

2^e jour. — Opacité absolue à 7 heures du soir ; durée 29 heures.

Eclaircissement à 10 heures du soir ; durée 32 heures.

5^e jour. — Limpidité non totale ; durée 120 heures.

1. Le Léman, vol. 1, p. 107 et 108.

Dans une deuxième expérience, plus simple, consistant à laisser décanter du limon dans un flacon, l'eau demande 4 jours pour se clarifier dans la partie supérieure du flacon, alors que l'eau inférieure restait encore trouble.

Ces expériences de Forel ne sont que qualitatives, mais elles nous donnent un renseignement très précieux, c'est que la clarification ne commence guère avant 30 heures, ce qui correspond pour le renouvellement de l'eau du lac de Génissiat, à un débit du Rhône un peu plus grand que 400 mètres cubes, ce qui est réalisé pendant environ 112 jours.

Or, il est évident que c'est pendant ces 112 jours que l'Arve charriera le plus de matières en suspension. Si nous nous reportons au tableau de la page 76, on voit que l'Arve commence à se troubler à partir de 50 mètres cubes, soit pendant 195 jours, en comprenant le mois d'octobre.

On peut donc dire que lorsque l'Arve commencera à charrier fortement, le débit du Rhône sera suffisant pour remplacer l'eau du lac en 35 heures au maximum.

On sait, par l'étude de la topographie des cuvettes lacustres, que le limon impalpable est transporté à très longue distance sur le fond de la cuvette, à une distance plus grande que la longueur du futur lac de Génissiat. Comme la durée nécessaire par la précipitation des particules en suspension n'est pas atteinte aux époques des hautes eaux, vu la rapidité très grande du remplacement total des eaux du lac par de l'eau nouvelle, pendant au moins 112 jours, l'eau trouble passera dans les turbines de l'usine génératrice de Génissiat. D'après de petites expériences sommaires que nous avons faites, on peut estimer que, malgré le réchauffement de l'eau du lac, phénomène qui facilite la chute des matières en suspension, environ 50 o/o de ces matières passeront dans le canal de fuite.

Il ne se déposerait donc dans le lac de Génissiat que 175 000 mètres cubes de boue par an; disons qu'il s'en déposera 200 000. Nous voici bien loin des 400 000 mètres cubes que j'avais évalués antérieurement et des 894 250 calculés par M. Couagne.

VI. — Le transport de l'alluvion sur le fond du lit

La vitesse de l'Arve, à son confluent avec le Rhône, varie entre 0,792 et 4,70. Ce dernier chiffre est très rarement atteint. Des vitesses de 2 mètres sont assez fréquentes et, dans les moments de grandes crues, la ligne de courant marche en raison de 3 m. 5 à la seconde.

On admet pratiquement que la vitesse du fond est égale à la moitié de la vitesse superficielle. L'Arve peut donc atteindre la vitesse au fond de 2 m. 35. Le Rhône en aval du confluent de l'Arve, possède des vitesses au moins égales; il peut donc transporter tous les matériaux qui lui sont apportés par l'Arve.

Celle-ci trouve de quoi s'alimenter avec abondance sur tout son parcours et le Rhône est dans le même cas, car, dans le pays de Genève, il s'écoule entre des falaises de cailloutis plus ou moins stables et, plus bas, les moraines des deux rives du fleuve doivent également livrer aux ruisseaux de nombreux galets.

La puissance de transport des cours d'eau a souvent été étudiée, soit dans des biefs artificiels, soit dans les torrents et dans les rivières.

Les chiffres qui nous paraissent être le plus utilement consultés, en ce qui concerne l'Arve, sont ceux donnés par Suchier¹ dans ses recherches sur le mouvement des galets dans le Rhin supérieur allemand.

Avec des vitesses au fond qui atteignent dans les crues habituelles d'été 1 m. 75, l'Arve est capable de rouler des galets de 2 kg. 5. Or, les cailloux de un décimètre cube sont très fréquents, ainsi que j'ai eu l'occasion de m'en faire une idée, grâce à l'amabilité de M. l'ingénieur Kündig, qui exploite, par drague, les alluvions de l'Arve à son confluent avec le Rhône, au lieu dit la Jonction, près de Genève.

Dans les crues exceptionnelles, comme celle du 3 octobre 1880, la rivière peut transporter des blocs de plus de 25 kilogrammes. Les galets de 20 décimètres cubes sont encore assez fréquents. J'ai vu des blocs pouvant peser plus de 300 kilogrammes. Ils ont probablement été empruntés aux moraines du voisinage de la région inférieure de l'Arve.

Dans son Traité de géologie, Albert de Lapparent dit que l'Arve, en aval de Sallanches, ne roule plus que des galets inférieurs à 25 centimètres et qu'en aval de Cluses les cailloux n'ont plus que 5 à 6 centimètres de diamètre. Ces chiffres ne sont probablement pas exacts, car, vu l'usure, l'Arve ne devrait plus charrier à Genève des galets de protogine du massif du Mont-Blanc. Or, à la Jonction, les graviers de granite constituent encore 35 à 40 o/o en nombre et en grandeur de l'ensemble du gravier².

Sur la Mur, des observations faites par Hohenburger³, montrent que 43 kilomètres, et sur le Rhin 55 kilomètres, d'après Sternberg, sont nécessaires pour user des galets de moitié. Fayol, dans les torrents des environs de Commentry, a constaté que pour des parcours de 10 à 12 kilomètres, un galet de 0 m. 20 de granite micaschisteux est à peu près détruit. Ce nombre de kilomètres est plus élevé que celui déduit de l'observation citée par de Lapparent. Quoiqu'il en soit, de ces chiffres, on doit reconnaître qu'une usure importante fait sentir son action. Cette usure ne doit pas être négligée dans les essais d'estimation concernant l'alluvion grossière.

**

Ce n'est guère que par l'accroissement des deltas lacustres que l'on peut se faire une notion à peu près exacte des matières transportées par roulement.

Le tableau ci-dessous résume les calculs de quelques auteurs :

1. SUCHIER. Die Bewegung der Geschiebe des Ober Rheins. *Deutsche Bauzeitung*, 1883, p. 331.

2. Les galets de gneiss et de schistes cristallins divers sont plus rares.

3. FRANZ RITTER VON HOHENBURGER. Ueber Geschiebsbewegung und Eintiefung flissender Gewässer. Leipzig 1886.

	REUSS ¹	KANDER ²	RHIN ³	BREGENZEN ACHE ⁴	ACHE ⁵	LINTH ⁶
Mètres cubes d'alluvion par an..	146 187	373 427	47 000	87 410	142 100	62 000
Mètres cubes d'eau par an...	750 000 000	125 000 000	»	»	1 137 000 000	»
Centimètr. cubes alluv. par mètre cube eau...	200	300	»	»	127	»
Grandeur du bassin en km. carré	832	1 060	»	850	1 000	700
Mètres cubes enlevés par an et par km.	176	362	»	104	142	89
Transport moyen par jour en mètres cubes.....	410	1 020	100	240	400	165

Parmi ces chiffres, ceux de la Kander ne peuvent guère nous être utiles. Ce cours d'eau a été dérivé en 1712 et jeté dans le lac de Thoune. Son érosion régressive a été activée et son transport exagéré.

Les deux Ache sortent directement de la région montagneuse et, sur des plaines d'alluvion très courtes, se jettent dans l'eau lacustre.

Le Rhin suisse alpin possède une très longue plaine d'alluvion, ce qui laisserait supposer qu'une usure intense se fait sentir, si on ne savait pas que Wey n'a établi le calcul du volume des matériaux transportés qu'en se basant sur des profils qui ne s'avançaient que de 300 mètres dans le lac de Constance.

La Linth présente un cours déjà plus semblable à l'Arve, son territoire possède environ 43 kilomètres carrés de glaciers.

C'est la Reuss, avec ses 145 kilomètres carrés de glaciers qui est, de tous ces cours d'eau, celui qui rappelle le plus l'Arve. Mais ce serait une Arve coupée à 45 kilomètres de ses sources. Ce serait la partie particulièrement torrentielle du cours, celle qui doit charrier avec abondance l'alluvion grossière. La Reuss possède une plaine d'alluvion qui n'est longue que de 15 kilomètres, alors que l'Arve coule en plaine sur environ 70 kilomètres.

L'usure des matériaux qui proviennent de la région supérieure de l'Arve doit être importante. Et, en fait, nous savons que les éléments granitiques qui arrivent à Genève,

1. HEIM. Ueber der Erosion im Gebiete der Reuss. *Jahrbuch sch. Alpenclub*, XIV, 1878-79.

2. STECK. Die Denudation im Kandergebiet. *Jahresb. geogr. Gesellschaft*, Bern, 1891-92.

3-4. J. WEY. Die Umgestaltung der Ausmündung des Rheins und der Bregenzer Ache in den Bodensee während der letzten 20 bzw. 24 Jahre. *Schweiz. Bauzeitung*, IX, 1887.

5. E. BAYBERGER. Der Chiemsee. *Mitteil. Ver. G. Erdk.* Leipzig, 1884 (voir C. R. PENCK dans *Neues Jahrb. für Mineralogie*, 1890).

6. HEIM.

c'est-à-dire ceux du Mont-Blanc, ne constituent que 30 à 40 o/o des matériaux charriés.

La Reuss s'étend presque en entier sur des territoires gneissiques et granitiques. L'Arve ne possède que 450 kilomètres environ (sur 1980) de son bassin qui soient, géologiquement et morphologiquement, comparable au bassin de la Reuss.

Supposons que, de ces 450 kilomètres carrés, partent chaque année 176 mètres cubes, soit au total 79 200 mètres cubes. Cette masse va s'user en marchant vers Genève.

Des expériences faites par le suédois Erdman¹ montrent que le granite s'use à raison de 0,30 à 0,42 o/o par kilomètre de transport. Il est bon d'ajouter que l'usure faite par expérience, selon une remarque judicieuse due à Fayol, est beaucoup moins active que celle qui se produit dans la nature. Prenons une usure moyenne de 0,36 o/o et voyons ce que deviennent ces 79 200 mètres cubes, en appliquant une formule qui nous a été proposée par M. Maillard, professeur à l'Université de Lausanne :

$$A_n = A(1 - t)^n$$

A = volume transporté ; t = taux de l'usure, soit 0,36 o/o ; n = nombre de kilomètres ;

A_n = volume restant.

A Genève, la masse serait réduite à 61 500 mètres cubes. Comme les roches cristallines représentent au maximum le 40 o/o de la masse totale des graviers, celle-ci devrait être au minimum de 153 000 mètres cubes par an.

Dans ces proportions, les 1 530 kilomètres carrés du bassin de l'Arve (surface totale 1 980 moins 450) ne devraient livrer, par année et par kilomètre carré, que 60 mètres cubes au minimum.

Or, cette région moyenne et basse de l'Arve est un peu comparable aux territoires des deux Ache, qui livrent 104 à 142 mètres cubes par kilomètre carré. Mais ces cours d'eau n'ont que des plaines d'alluvion très réduites. La proportion d'usure doit être beaucoup plus faible que pour l'Arve.

Nous ne nous faisons aucune illusion sur la valeur de ces comparaisons, elles sont très probablement plus curieuses que vraies mais elles sont nécessaires.

Pour avoir une notion plus exacte, adressons-nous aux exploitants de graviers et de sable à Genève.

Depuis quelque temps, au confluent du Rhône et de l'Arve, l'exploitation des alluvions grossières se fait par une drague. M. l'ingénieur Kündig a bien voulu nous dire ce qu'il exploite par jour et je me hâte de le remercier de sa grande amabilité. Cette drague peut extraire jusqu'à 180 mètres cubes par journée de travail ; M. Kündig, qui m'a montré la statistique de son exploitation, estime que l'Arve transporte par jour 300 mètres cubes en moyenne.

Ces 300 mètres cubes représentent un cube annuel de 109 500 mètres cubes, soit 55 mètres cubes par an et par kilomètre carré.

Si, malgré l'opinion bien arrêtée de M. Kündig, qui connaît admirablement la rivière qu'il exploite, nous élevons son chiffre à 400 mètres cubes, nous obtiendrons un volume annuel de 146 000 mètres cubes, soit 74 mètres par an et par kilomètre carré, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup de ce qu'arrache la Linth dans son bassin.

1. ERDMAN. Bidrag till Kännedonnen om rullstenars bildonte. Geol. Föreningen Föhr., Stockholm, 1879.

Comme les Genevois exploitent un volume annuel estimé à 60 000 mètres cubes, il entrerait donc dans le Rhône 86 000 mètres cubes de galets, graviers et sable par année.

Du confluent de l'Arve jusqu'au futur lac de Génissiat, il y a 23 kilomètres. Les 86 000 mètres cubes contenant 40 o/o de cailloux granitiques et 60 o/o de cailloux calcaires et gréseux s'useront. Admettons une usure de 0,36 o/o pour les premiers et 1,5 o/o pour les seconds, toujours d'après les estimations expérimentales d'Erdman.

En appliquant la formule ci-dessus mentionnée, ces 86 000 mètres cubes seront réduits à :

Cailloux granitiques.....	30 230 mètres cubes
— calcaires.....	37 310 —
Total.....	67 530 mètres cubes

A ce cube, il faut ajouter ce qui arrivera directement au Rhône et dans le lac. L'étendue tribulaire du Rhône et du lac est d'environ 600 kilomètres carrés, qui, à raison de 74 mètres cubes (moyenne de l'Arve) par an, donnent une masse de 44 400 mètres cubes.

Il entrerait en conséquence par année, dans le lac de Génissiat, 111 930 mètres cubes d'alluvion grossière¹.

1. Plusieurs auteurs ont cherché à savoir ce qu'est la tranche moyenne annuelle enlevée par les phénomènes de la dénudation sur la surface des bassins hydrographiques de quelques cours d'eau alpins, parmi ceux qui nous ont servi de comparaison.

Ces valeurs sont les suivantes :

<i>Rhône valaisan</i> , calcul basé sur les matières en dissolution et en suspension (Uetrecht), par an.....	0 mm. 288
<i>Reuss</i> , calcul basé sur les matières en suspension et en roulement (Heim), par an.....	0 mm. 240
<i>Kander</i> , calcul basé sur les matières en roulement, par an.....	0 mm. 433
<i>Arve</i> , calcul basé sur les matières en dissolution et en suspension (Forel), par an.....	0 mm. 210

En prenant en considération la pente moyenne des surfaces de ces trois premiers bassins compris entre des isohypses distants de 300 mètres, en faisant intervenir les variations de températures autour de 0 degré et la chute de pluie dans ces surfaces, Hess (*Petermanns Mittheilungen*, vol. 55, 1909, p. 360) a cherché à connaître la valeur de la dénudation dans chacune des surfaces envisagées.

L'auteur montre que la puissance de la dénudation croît avec l'altitude jusqu'à 2 400 mètres et ensuite diminue.

Voici les valeurs trouvées par Hess :

	<i>Reuss</i>	<i>Rhône</i>	<i>Kander</i>
Au-dessous de 600 mètres.....	0 mm. 043	0 mm. 032	0 mm. 015
600- 900 —.....	0 mm. 147	0 mm. 073	0 mm. 140
900-1 200 —.....	0 mm. 177	0 mm. 164	0 mm. 213
1 200-1 500 —.....	0 mm. 200	0 mm. 213	0 mm. 307
1 500-1 800 —.....	0 mm. 237	0 mm. 362	0 mm. 489
1 800-2 100 —.....	0 mm. 302	0 mm. 456	0 mm. 573
2 100-2 400 —.....	0 mm. 282	0 mm. 429	0 mm. 785
2 400-2 700 —.....	0 mm. 247	0 mm. 328	0 mm. 536
2 700-3 000 —.....	0 mm. 214	0 mm. 269	0 mm. 381
Au-dessus de 3 000 —.....	0 mm. 093	0 mm. 131	0 mm. 205
	0 mm. 340	0 mm. 288	0 mm. 433

Bien que ces valeurs ne soient pas immédiatement comparables, puisqu'elles se basent sur des apports qui ne sont pas tous de même origine, il n'en ressort pas moins une diminution de la dénudation, avec la diminution de la hauteur moyenne d'un territoire. Les valeurs données pour le bassin de la Kander sont fortement à critiquer, puisque le charriage intense de ce cours d'eau provient du travail exceptionnel qu'il a accompli sur sa basse région par le fait de la correction exécutée au XVIII^e siècle.

VII. — La lutte contre l'alluvionnement du lac

Le lac de Génissiat contiendra approximativement 50 000 000 de mètres cubes d'eau. Il s'y déposera chaque année 200 000 mètres cubes de limon et 112 000 mètres cubes d'alluvion grossière.

Le lac serait donc complètement anéanti en 160 ans environ si les ingénieurs n'avaient pas les moyens de prolonger la vie de leur œuvre.

De ces 50 000 000 de mètres cubes d'eau, une part considérable est inutile. D'après les calculs de M. R. de la Brosse¹, pour franchir l'étiage d'hiver avec un débit minimum de 120 mètres cubes, il faudrait, ainsi que nous l'avons dit plus haut, emprunter à la retenue une tranche d'eau de 3 m. 96, soit 14 688 000 mètres cubes.

M. de la Brosse a établi ces chiffres sur l'année 1905, la plus défectueuse d'une période de neuf ans.

Toujours d'après M. de la Brosse, tout abaissement du lac de 0 m. 20 diminue sa superficie de un hectare environ, et le volume d'eau disponible, par chaque baisse de 0 m. 20, diminue de 2 000 mètres cubes.

L'emprunt de 3 m. 96 amène le niveau du lac à 328 m. 04. Si, dans ces quelques jours d'étiage, il faut assurer encore la navigation, qui exige une tranche d'eau de 2 m. 5 pour le passage des chalands de 1 m. 75 de tirant d'eau (type de 600 tonnes) il faut que le plafond futur du lac soit maintenu à la cote de 325 m. 50, ce qui monte le volume nécessaire à 24 025 000 mètres cubes.

Le fond du canal de fuite sera à la cote de 322 mètres. Pour rendre le haut du

1. La Reuss, dont on connaît la somme des matières en suspension et en roulement, peut seule nous servir de comparaison ainsi que nous l'avons fait remarquer.

En faisant entrer, pour l'Arve, la valeur des matériaux entraînés sur le fond du lit, nous aurions :

Volume annuel charrié sur le lit.....	146 000 mètres cubes
Volume annuel du limon.....	323 000 —
Total.....	469 000 mètres cubes

Ce qui équivaut, pour une surface de 1 980 kilomètres carrés, à l'enlèvement d'une pellicule annuelle de 0 mm. 247 sur toute l'étendue de son bassin.

Cette valeur est sensiblement égale à celle du bassin de la Reuss. Etant donné que le bassin de l'Arve présente de vastes territoires dont l'altitude est inférieure à ceux du bassin de la Reuss, on se serait attendu à trouver une valeur moyenne inférieure à celle que nous obtenons, en supposant le charriage sur le fond du lit à 400 mètres cubes par jour. Il se peut donc que la valeur théorique que nous avons calculée, soit 60 mètres cubes par kilomètre carré, ou celle de 55 mètres cubes admise d'après les évaluations de M. Kündig, soit plus près de la vérité que les 74 que j'ai admis.

Dans ces estimations, le lecteur remarquera que nous ne nous sommes adressés qu'à des cours d'eau alpins. Il existe, dans la littérature, une foule de renseignements relatifs à des cours d'eau de plaine. Nous en avons examiné un grand nombre, sans pouvoir les utiliser, vu le régime bien différent de ces fleuves de plaine ou de bas pays, de ceux des Alpes. En outre, les recherches faites, aussi bien en Europe qu'en Amérique ou en Afrique, s'adressent exclusivement aux matières en suspension ou à celles en dissolution. On trouvera d'importantes sources de littérature dans l'ouvrage de Penck « Morphologie der Erdoberfläche », où j'ai largement puisé, puis dans les « Grundzüge des physischen Erdkunde » de Supan, et dans les *Water-Supply Papers du Service géologique des Etats-Unis*. Voir, à propos des travaux exécutés par les Américains, l'excellent article publié par Baulig dans les *Annales de Géographie*, XIX, 1910, p. 385-411.

1. R. DE LA BROSSÉ. Aménagement de l'énergie du Haut-Rhône en vue de l'alimentation de Paris *C. R. A. F. A. S.*, 1908.

lac navigable à la cote de 325 m. 50, le plancher lacustre pourra avoir la faible pente de 0 m. 1 565 pour mille.

Le volume d'eau compris entre le plan horizontal, à la cote 325 m. 50, et le plan incliné compris entre la cote 325 m. 50 dans le haut du lac, et la cote 322 mètres du fond du canal de fuite, est de 611 000 mètres cubes, qu'il faut ajouter aux 24 025 000,

Soit en chiffres ronds 25 millions de mètres cubes qui devront être conservés dans la retenue pour assurer à la fois la production hivernale de 120 mètres cubes à la seconde et, sans écluse supplémentaire, la navigation du bief pour une tranche d'eau de 2 m. 50 dans l'extrémité amont du bief.

Au-dessous de 2,5 pour mille les rivières n'ont plus la force de creuser leur lit. Comme il sera nécessaire, pour les besoins de la navigation, de toujours posséder un bief dont la pente du fond sera de 0,1 565 pour mille, force sera de draguer.

Cette nécessité de draguer nous donne la solution de la lutte qui va s'engager. C'est par la drague qu'il faudra se débarrasser des alluvions encombrantes, quels que soient les modes d'utilisation de la puissance du Rhône, par un seul barrage comme dans le projet de Génissiat, ou par deux biefs superposés.

Les matières en suspension se dissémineront sur toute la surface du plancher du lac. Les alluvions grossières se localiseront dans la région amont et, par le fait de la variabilité de niveau du lac, oscillation dont l'amplitude annuelle ne dépassera pas 4 mètres, elles se déposeront en été à l'amont extrême du lac, et en hiver, dans les étiages exceptionnels, aux environs du Pont Carnot, soit à environ 5 kilomètres plus bas que le rivage amont estival.

Pour empêcher la plaine d'alluvion montante de se former, il faudra draguer ces alluvions grossières, les transporter dans la région inférieure et les noyer.

Comme il se déposera chaque année 200 000 mètres cubes de limon et que les alluvions grossières représentent un volume d'environ 100 000 mètres cubes, cette opération de noyage des alluvions grossières devrait se faire pendant 80 ans, si un autre phénomène n'intervenait pas.

En effet, au fur et à mesure du remplissage du bief, le remplacement de l'eau se fera avec des vitesses croissantes, de sorte que le colmatage par les boues ira en diminuant d'année en année. On peut donc estimer que l'opération de noyage des alluvions grossières pourra se poursuivre, pendant environ 150 ans. A partir de cette époque, il serait nécessaire de transporter les alluvions grossières en dehors du lac.

Mais nous croyons qu'il faudra plus de temps encore. Ces alluvions grossières sont marchandise commerciale. On peut estimer, par exemple, qu'à Genève, on extrait chaque année, 60 000 mètres cubes de sable, de graviers et de galets. Une industrie semblable pourra se créer près de Collonges. La boue qui se sédimentera dans le lac est un produit dont la composition chimique permettra de fabriquer, mélangée à la chaux excellente des calcaires urgoniens, des ciments artificiels de première qualité.

En résumé, avec 3 ou 4 dragues, il sera aisé de maintenir le chenal à une profondeur variant de 10 à 7 m. 5 de profondeur, de lutter sans souci contre l'allu-

vionnement pendant 150 ans, si l'on ne désire pas utiliser l'alluvion grossière. Dans 150 ans, l'œuvre projetée sera depuis longtemps amortie. Dans 150 ans, les ingénieurs auront à se préoccuper de la construction d'une voie ferrée qui ira porter au loin un volume journalier de 550 mètres cubes d'alluvion, soit environ 13 à 1400 tonnes par jour. Ce n'est pas un grand problème à résoudre, et il faut laisser du travail pour nos successeurs.

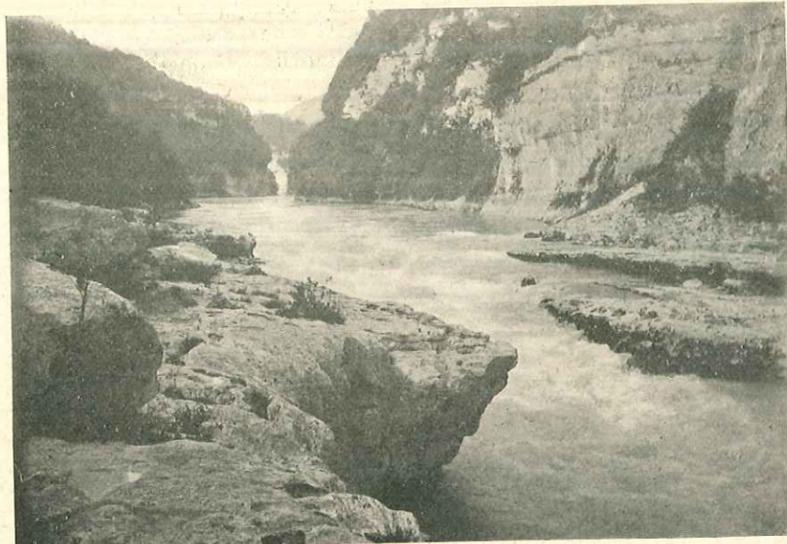


FIG. 28. — PASSE DE MALPERTUIS EN ÉTÉ

CHAPITRE V

OBSERVATIONS SUR LES EMPLACEMENTS DE BELLEGARDE ET DE MALPERTUIS

I. — Le barrage projeté de Bellegarde

Nous avons dit, en parlant des conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage, que le barrage-déversoir que l'on projette à Bellegarde serait une œuvre trop instable pour que l'on songe sérieusement à l'élever.

Il peut être utile de nous expliquer un peu plus à fond.

Le sol rocheux urgonien est connu dans le Rhône en amont de la Perte.

Le barrage actuel est fixé sur le calcaire.

L'ensemble plonge vers l'amont, ce qui est une disposition favorable, mais les roches des appuis laissent beaucoup à désirer. Au-dessus de l'Urgonien s'élèvent les roches de l'Aptien, du Gault et des Sables supérieurs. Ces roches sont très variées, les unes argileuses, les autres sableuses. Par le fait de cette hétérogénéité, il s'y forme des plans aquifères nettement visibles dans les environs de la Perte. A plusieurs reprises, on a constaté, sur le versant de la Savoie, le long du chemin vicinal, le glissement des couches immédiatement situées sur l'Urgonien, ce qui démontre la faible stabilité des roches qui formeraient les appuis. Dernièrement, une

masse importante de terrain glaciaire, dans le voisinage de l'appui de la rive droite, s'est mise en mouvement.

La coupe des terrains de la Perte du Rhône a été rendue classique par les travaux de Renevier. Ce géologue a relevé les couches suivantes de haut en bas (fig. 29) :

5. CRÉTACÉ SUPÉRIEUR :

Sables verdâtres contenant beaucoup de silex à la partie supérieure, sans fossiles (Cénomaniens ?)..... 30 m.

4. GAULT :

n. Grès rougeâtre passant au bleu et au jaunâtre. 2 m. 20
m. Grès jaunâtre à *Mortoniceras inflatum*..... 0 m. 89
l. Sable bleu-verdâtre à *Desmoceras Beudanti* 0 m. 60
k. Sable verdâtre marneux 2 m.
j. Sable verdâtre à *Parahoplites Millelianum* 1 m.

3. APTIEN SUPÉRIEUR :

i. Grès dur à *Astarte obovata*, *Trigonia caudata*, *Acantho-*
ceras Cornuelianum..... 0 m. 75
h. Sable vert-bleuâtre... .. 4 m.
g. Grès verdâtre à *Exogira aquila*..... 0 m. 75

2. APTIEN INFÉRIEUR :

f. Grès marneux gris-verdâtre..... 7 m. 95
e. Calcaire marneux à *Orbitolina lenticularis*..... 0 m. 50
d. Grès marneux gris-verdâtre et marne grisâtre..... 1 m. 30
c. Argile rouge-vif et bleuâtre..... 3 m. 30
b. Marne jaune à *Heteraster oblongus*..... 1 m. 95

1. URGONIEN :

a. Calcaire roussâtre à *Plerocera pelagi* et *Toucasia Lonsdalei* 2 m. 10
 Calcaires divers.

On constate donc une succession de couches avec des argiles et des sables, ces derniers parfois aquifères.

Si nous ne faisons pas erreur, le barrage projeté devrait s'élever sur l'emplacement du petit barrage actuel, où la cote la plus basse de l'Urgonien, d'après M. Mauvernay, est à 293 m. 60. Comme l'ouvrage doit avoir une hauteur dépassant 30 mètres, les culées s'appuieront entièrement sur ces roches si hétérogènes, dont plusieurs sont solubles.

Notre confrère et ami le Professeur Kilian, de Grenoble, a été consulté au sujet du barrage de Bellegarde. Dans l'extrait de son rapport, cité par M. Mauvernay, M. Kilian admet que la présence du ciment argileux dans les sables supérieurs les rend imperméables. Nous partageons volontiers cette opinion basée sur des expériences faites, paraît-il, sous pression d'eau, mais nous ne savons pas si toutes les autres couches possèdent la même qualité, et nous élevons de grands doutes à ce sujet.

Il est vrai que l'on peut combattre cette perméabilité de quelques couches en

construisant des murs étanches butant en aval sur le barrage et s'appuyant sur les versants, c'est-à-dire construire une sorte de boîte étanche, remontant jusqu'au-delà de la disparition des sables supérieurs. Les murs latéraux de cette boîte seraient à fonder sur l'Urgonien. C'est là un travail énorme, mais nécessaire, et qui présenterait de très grandes difficultés d'exécution.

Le barrage projeté doit jouer le rôle de déversoir à cause de l'évacuation des crues, parce que la topographie ne se prête pas à la construction d'un canal de fuite. Voilà un danger permanent sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention.

Nous estimons donc que, dans toute la haute vallée française du Rhône, c'est certainement à Bellegarde que les roches sont le plus défavorables, en ce qui concerne les appuis latéraux, pour la construction d'un haut barrage. La nature de ces roches ne nous permet pas de savoir quel devra être l'encastrement de l'ouvrage. Des couches aquifères seront mises en pression, et il devient fort probable qu'elles serviront de voie à l'eau du bassin de la retenue.

M. Coutagne fait grand cas des vannes de purge pour combattre le projet de Génissiat et mettre en valeur celui de Bellegarde. Nous avons démontré que l'alluvionnement n'était pas si grave que l'on ne puisse vivre avec lui. Mais nous mettons en doute l'efficacité de ces vannes de purge. Les cours d'eau déposent sitôt que leur pente tombe au-dessous de 2,5 pour mille. Pour un bief de 16 kilomètres, qui serait la longueur du bassin de retenue commandé par le barrage de Bellegarde, il faudrait donc des vannes de purge aussi hautes que le barrage lui-même, pour évacuer l'alluvion grossière, celle constituée par les galets.

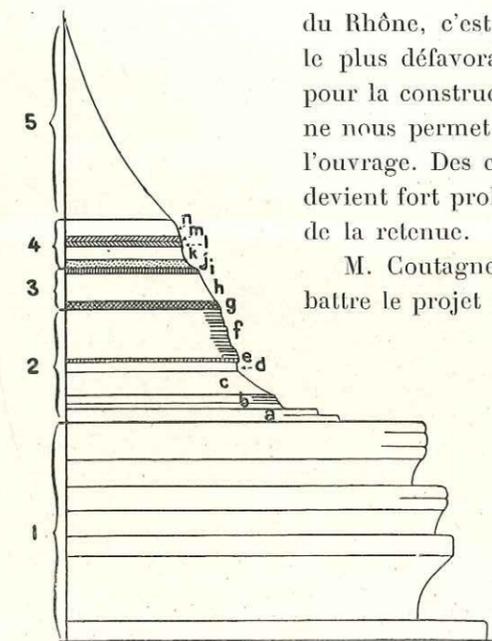


FIG. 29. — COUPE DÉTAILLÉE DES ASSISES CRÉTACÉES DE LA PERTE DU RHÔNE, D'APRÈS E. RENEVIER

Or, des vannes si hautes ne sont pas réalisables. Il faudrait donc également draguer dans le bief de Bellegarde un cube presque aussi important (en admettant des vannes de purge de 16 mètres) que celui qu'il faudra draguer pour le bief de Génissiat. Or, le bief de Bellegarde possédant un volume d'eau beaucoup moindre, le problème de l'alluvionnement devient sérieux au bout d'un temps beaucoup plus court.

II. — Le barrage projeté de Malpertuis

Il s'agit d'un barrage unique qui fonctionnerait comme celui de Génissiat.

Dans un barrage de cette hauteur, il est d'absolue nécessité que l'ouvrage ne fasse pas l'office de déversoir. Il ne faut pas que la face aval de la maçonnerie soit mouillée, car on doit redouter comme le plus mortel ennemi l'écoulement de l'eau sur la

face aval d'un haut barrage, à cause de l'effet inéluctable de l'érosion régressive.

On a la certitude que cette érosion ne peut être maîtrisée dès que la vitesse de l'eau dépasse une certaine limite. Actuellement, à Bellegarde, le canal de fuite construit tout dernièrement sur la rive gauche, canal de fuite qui a été très peu utilisé, est déjà atteint par les effets de l'érosion remontante, le fond du canal est déjà poli et des marmites de géant commencent à se former.

La construction d'un large canal de fuite s'impose à Malpertuis, mais on ne rencontre pas à Malpertuis comme à Génissiat une banquette favorablement placée, et il sera nécessaire de suspendre ce canal dans des parois qui ne sont pas reconnues et qui paraissent abruptes ; des souterrains de très grande importance y seront sans doute nécessaires.

On a beaucoup parlé de diaclases à propos de tous ces projets de barrage.

C'est dans les environs même de Malpertuis qu'elles sont les plus remarquables. On en voit deux, baillantes, immédiatement en aval de la chute et une troisième qui prend le fleuve en écharpe et qui se dirige en amont dans la direction de l'ouvrage projeté (si celui-ci est bien projeté en amont de la chute) (pl. IV et V)¹.

Rien ne nous dit qu'il n'existe pas encore d'autres diaclases baillantes, ce qui ne peut être vérifié que par des études aussi approfondies que celles que nous avons faites à Génissiat. Les sondages exécutés n'ont été faits, semble-t-il, qu'à la corde ou à la barre à mine. On ne possède donc même pas un profil certain du lit rocheux. On n'a aucune connaissance de la constitution des couches immergées. On ne sait rien des parois émergées. On est dans l'ignorance la plus complète des pentes sur lesquelles devrait être accroché le canal de navigation, etc.

Autrement dit, tout est à faire ou serait à faire si ce projet devait être substitué à celui de Génissiat.

Pour Malpertuis, les recherches suivantes nous paraissent nécessaires :

1° Examen du lit rocheux. Quand on examine le lit de la Valserine, en amont du Pont des Oules, on voit qu'un lit mineur rocheux se prolonge très loin. Il paraît en être de même à Malpertuis à cause des figures d'interférence de la veine liquide en amont de la chute. L'examen de ce lit rocheux ne peut se faire sur des pontons, comme à Génissiat, à cause de l'impétuosité du fleuve ; il faudrait construire une large passerelle démontable qui serait jetée successivement sur le tracé des parois du barrage projeté.

Des sondages au rail seraient faits tous les 5 mètres, comme à Génissiat.

2° Pour être certain de la constitution de la roche immergée, quatre puits au diamant seraient nécessaires. Vu l'escarpement des parois, il faudrait exécuter dans ces parois quatre niches aussi hautes que sont les derricks.

Nous ne croyons pas qu'une galerie creusée sous le Rhône puisse fournir des renseignements aussi complets que les sondages au diamant, car elle ne donne pas les renseignements en toutes directions comme on peut les obtenir par la méthode des puits.

1. Si le barrage est projeté sur la chute ou dans la région de l'étroit (fig. 28), on peut le déclarer impossible, vu la profondeur certaine du couloir au-delà des limites accessibles à l'homme. Le Rhône, obligé de s'étaler en hauteur, doit avoir une profondeur au moins égale à la largeur qu'il possède, lorsque la tranche d'eau n'a que 4 mètres environ comme à Génissiat. Cette profondeur doit donc être de 50 mètres environ.

3° Plusieurs galeries seraient creusées dans les parois émergées pour connaître à quelle profondeur est la roche saine, galeries de quatre mètres carrés de section.

4° Le long du bief navigable, une longue série de puits à la main devrait être exécutée, afin de connaître l'épaisseur des zones d'éboulis qui sont nombreuses.

Ce travail de prospection devrait être suivi aussi attentivement qu'à Génissiat par un personnel de toute confiance.

A Génissiat, ces études ont duré près de trois ans, parce que nous avons la méthode à créer et parce que nous nous sommes aperçus peu à peu de ce que l'on était en droit d'exiger ; à Malpertuis, avec l'expérience acquise à Génissiat, on peut estimer qu'en mettant en chantier les quatre recherches, dix-huit mois seraient nécessaires. La dépense serait beaucoup plus élevée à Malpertuis qu'à Génissiat. Il faut compter à peu près le double, les chantiers étant beaucoup moins abordables.

Ce n'est qu'après ces travaux que l'on pourra savoir si le barrage peut être construit à Malpertuis.

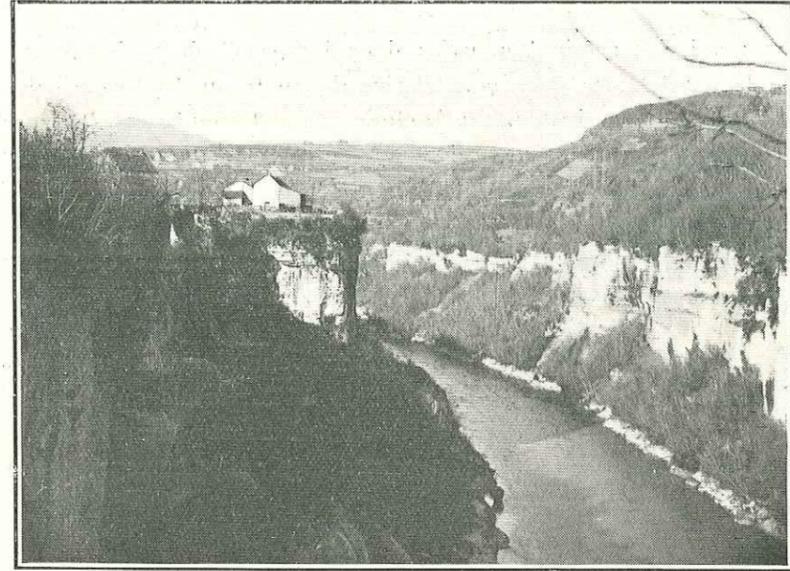


FIG. 30. — LE CHATEAU DE GÉNISSIAT

CHAPITRE VI

DISCUSSION DES OPINIONS OPPOSÉES A LA CONSTRUCTION DU BARRAGE DE GÉNISSIAT

Dans le cours de ces pages, nous avons plusieurs fois dit ce que nous pensions des arguments qui nous ont été opposés par M. Martel. Il est bon de les résumer et d'ajouter ce que nous pouvons dire encore.

« L'inspection du cours du Rhône — dit M. Martel ¹ — conduit à la conclusion formelle qu'il serait imprudent de vouloir fonder un barrage à l'aval du Pas de Malpertuis, dans un lit alluvionné, déjà profondément travaillé par les eaux ».

C'est justement pour savoir s'il était imprudent d'élever ce barrage qu'a été faite la longue enquête dont les pages précédentes peuvent donner une idée.

M. Martel ne trouve pas extraordinaire que le lit du Rhône à Génissiat soit très alluvionné. Bien avant de faire nos sondages, nous savions, nous aussi, que le lit était rempli de sable, l'histoire des fondations du pont de Pyrimont, l'ouvrage le plus rapproché de Génissiat, nous étant bien connue. Plutôt que de se livrer à des conjectures, le Comité d'études a jugé qu'il était préférable de vérifier l'alluvionnement expérimentale-

¹. Conférence faite à Lyon devant la Société d'Agriculture, Science et Industrie.

ment, et on ne peut, dans ces conditions, nous reprocher d'avoir été étonnés de trouver une épaisseur si considérable. Ce n'est pas cette épaisseur d'alluvions qui nous a étonnés, mais la profondeur du lit rocheux, que rien ne pouvait nous aider à déterminer, puisqu'aucun seuil visible n'existe en aval de Génissiat et que le seul seuil en amont, reconnu par des sondages sérieux, est celui situé en amont de la Perte. Cette profondeur importe peu en définitive, puisque le lit rocheux que nous avons rencontré est accessible à l'homme.

Nous estimons connaître suffisamment la forme du lit rocheux par nos rails distants les uns des autres de 5 mètres. M. Martel voudrait des sondages continus, mais si ce fond rocheux présente des marmites, n'est pas uni, où est l'inconvénient ? Au contraire, les fondations du barrage, qui doit être élevé à sec, n'en seront que mieux ancrées.

Le profil rocheux longitudinal du Rhône, de M. Martel, paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*¹, n'est qu'hypothétique. Tant que l'on n'aura pas pratiqué des sondages au rail ou au trépan dans les divers points rocheux signalés par son auteur, il ne sera pas possible d'admettre les probabilités qu'il a indiquées.

Au sujet de l'emplacement de Génissiat, M. Martel s'exprime ainsi : « il est clair qu'un tel inachèvement » (vallée non finie et où l'érosion régressive est active) « impose les plus grandes précautions et qu'un gros risque serait encouru, si l'on choisissait précisément une vallée aussi mal finie pour y établir le plus grand barrage du monde ».

Or, dans la loi qu'il énonce à la page 32 de sa conférence de Lyon, Génissiat se trouve justement en dehors de la cluse torrentielle où l'érosion régressive agit en pleine activité. Puisqu'il y a alluvionnement, c'est bien la preuve qu'à Génissiat le lit est fixé. C'est donc bien plus au barrage de Bellegarde, au-dessus d'un gouffre qui régresse, ou à celui de Malpertuis, qui se trouve dans une position très semblable, que devrait s'adresser la remarque de M. Martel.

Mais nous ne croyons pas nous tromper en disant que le jour où le barrage de Génissiat aura été élevé, il en sera fini de l'érosion régressive dans le cañon, et cela d'autant plus que M. Coutagne parle d'un alluvionnement de plus de un million de mètres cubes par an.

M. Martel nous assure que « constamment le profil en travers changera ; et les produits de ces changements, blocs rocheux, débris d'éboulis, argiles résiduaire, etc., pourront provoquer des remous perturbateurs, des engorgements dans les canaux et les turbines et bien d'autres inconvénients... Les rives chargées d'eau seront l'objet de graves glissements au contact de la molasse et de l'Urgonien. »

Mais n'est-ce pas précisément au contact de la molasse et de l'Urgonien, y compris le coussinet des couches du Gault, que la construction du barrage de Bellegarde va provoquer un surcroît de pression d'eau, dans une zone où nous connaissons divers éboulements arrivés ces derniers temps ?

Le distingué spéléologue qu'est M. Martel est un partisan convaincu de la théorie qui veut que les fleuves coulent dans des fissures préexistantes. Epousons un instant cette vieille hypothèse et tirons-en les conséquences naturelles.

« Dans le lit du fleuve, deux grandes cassures ont provoqué les étroits de la

1. É. A. MARTEL. Sur le profil en long et l'alluvionnement du cañon du Rhône, *C. R. Acad. Sc.*, 8 janvier 1912.

Perte et de Malpertuis », ainsi s'exprime M. Martel. D'autre part, il note le fait connu qu'à la Perte on constate une érosion régressive de 70 à 80 centimètres par an.

D'après M. Martel, la Perte, qui en vertu de l'érosion régressive se trouvait antérieurement en aval de sa situation actuelle, était due à une cassure. Actuellement, elle est encore due à une cassure. Elle remonte en vertu de l'érosion régressive guidée par la même cassure. Il en est de même à Malpertuis. Ces cassures de Malpertuis et de la Perte sont sur la ligne médiane du fleuve, lequel est, en amont, dans la prolongation rectiligne des deux cassures qui doivent manifestement s'y prolonger puisque ces étroits remontent le cours sans perdre leurs formes.

Dans ces conditions, il peut paraître singulier qu'un spéléologue averti, comme l'est M. Martel, préconise l'élévation d'un barrage à quelques mètres en amont de la Perte et de Malpertuis, juste sur les deux grandes cassures dont il admet l'existence.

Enfin, M. Martel cite les nombreuses cassures de l'Urgonien supérieur, en particulier dans les tranchées du chemin de fer à proximité de Génissiat, et il en fournit des preuves photographiques.

Or, c'est justement sur ces couches de l'Urgonien supérieur que doit être fondé le barrage de Bellegarde. Le barrage de Génissiat échappe à cette critique, puisqu'il est fondé sur les couches résistantes de l'Hauterivien.

M. Martel, en définitive, nous apporte le secours de ses conclusions en faveur de Génissiat, à savoir que les barrages de Bellegarde et de Malpertuis ne sont pas à construire, puisqu'ils se trouvent tous deux à cheval sur des cassures certaines, et que de plus la roche de fond, à Bellegarde, serait remplie de fissures.

Nous ne sommes pas, quoique par des interprétations très différentes des phénomènes, bien loin d'être d'accord.

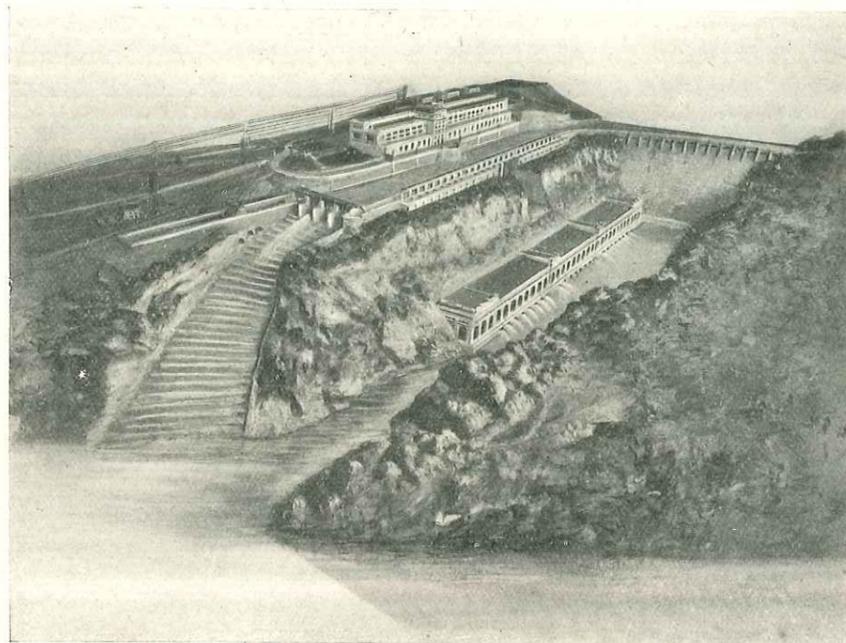


FIG. 31. — MAQUETTE DES OUVRAGES PROJÉTÉS A GÉNISSIAT

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS

Nous voici arrivés à la fin de ce travail, dans lequel nous avons condensé toutes nos études au sujet du projet consistant à élever un haut barrage à Génissiat. Notre conclusion sera brève. Nous pensons avoir démontré que :

- 1° Le bief qui sera créé est imperméable.
- 2° La création du bief ne causera aucune perturbation sur les terrains riverains. Des travaux de protection seront simplement à exécuter dans le défilé de l'Ecluse.
- 3° Le lit rocheux est accessible à Génissiat et ce lit rocheux est sain.
- 4° La partie étudiée des parois émergées se montre prête à soutenir les culées du vaste ouvrage.
- 5° Le canal de fuite pourra s'étendre sur un sol rocheux.

CONCLUSION. — *Les conditions naturelles se montrent favorables à la construction du grand barrage de Génissiat.*

BARRAGE DE GÉNISSIAT

SONDAGES GÉOLOGIQUES

JOURNAUX DE SONDAGES

Sondage n° 1. — Parement amont, rive droite

— n° 2. — aval, rive gauche

— n° 3. — amont, rive gauche

— n° 4. — aval, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
De 0 à 14						Morceaux non jointifs obtenus à la grenaille		
15	1	265 095	<u>265</u>		0 30	Carotte obtenue à la grenaille	Couche A.	
16	1	264 795			0 125	Joint imparfait	Calcaire oolithique clair.	
17	2	264 670			0 190	Carotte commencée à la grenaille		
		264 480			0 245	Joint imparfait		
1	2	264 235			0 245	4 petits éclats se juxtaposant entre eux et aux carottes adjacentes en rendant le joint parfait		
2	4	263 915	<u>264</u>		0 320		Joint parfait	
	3				0 175	Joint parfait		
27 octobre 1910 — N° 18	4	263 740				Juxtaposition impossible	Couche A'.	
	5	263 710			0 030	id. Morceau arrondi et usé	Calcaire oolithique clair.	
	6	263 675			0 035	id. id.		
	7	263 440			0 235	0 385	Joint parfait	
	8	263 290			0 150		Joint très imparfait	
	9	263 080	<u>263</u>			0 210	id.	
	10	262 890				0 190	Joint impossible	
	11	262 840				0 050	Carotte tronconique usée par la replongée de la couronne	
	12	262 565				0 275	Joint impossible	
		10	262 350			0 215	Joint très imparfait	
			262 350				Joint impossible Carotte tronconique usée par la couronne	
	27 octobre 1910 — N° 19	1	262 300			0 050	Joint imparfait, usure accentuée	Couche B.
2		262 200			0 100	Une veine permet la juxtaposition	Calcaire blanc oolithique.	
3		261 980	<u>262</u>		0 220	Joint parfait		
4		261 910			0 070	0 950	Polypiers.	
5		261 725			0 185		Joint parfait, commencement d'usure	
6		261 520			0 205		id. id.	
7		261 400			0 120		Joint très imparfait	
28 octobre 1910 — N° 20	1	261 265			0 135			
	2	261 175			0 090	Joint parfait	Calcaire plus gris avec délits irréguliers.	
	3	261 030			0 145	id.		
	4	261 000	<u>261</u>		0 030	id.		
				0 400		id.		

Voir
page suivante

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES METRES	HAUTEUR								
				des morceaux	des carottes							
N° 20 (suite)	5	261 000	<u>261</u>	0 400	1 190	Joint parfait	Calcaire gris compact.					
		260 885		0 115		id.						
		260 600		0 285		id.						
		260 505		0 095		id.						
		260 335		0 170		id.						
		260 210		0 125		Joint imparfait		Délits irréguliers.				
		9 novembre 1910		12		259 960		<u>260</u>	0 250	1 320	Joint parfait	Couche B'. Calcaire un peu plus jaunâtre oolithique.
						259 885			0 075		id.	
						259 705			0 180		id.	
						259 580			0 125		id. Morceau orienté	
259 505	0 075		id.									
259 400	0 105		id.									
259 340	0 060		id.									
259 170	0 170		id.									
11 Novembre 1910	13	259 060	<u>259</u>	0 110	1 320	id.	Couche C. Calc. très oolithique.					
		258 890		0 170		id.						
		258 820		0 070		Usure très accentuée évaluée à 7 m/m En 3 morceaux						
		258 675		0 145		Usure très accentuée id.						
		258 470		0 205		id.						
		258 305		0 165		Usure normale						
		258 175		0 130		Usure très accentuée						
		257 950		0 225		Usure						
		257 800		0 150		Commencement d'usure						
		257 620		0 180		Joint parfait						
12 Nov. 1910.	20	257 530	<u>258</u>	0 090	0 620	id.	Calcaire plus crayeux, blanc.					
		257 330		0 200		id.						
		257 280		0 050		Usure très accentuée						
		257 150		0 130		id.						
				0 180		id.						
				0 130		id.						

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR					
				des morceaux	des carottes				
12 Nov. — N° 23	4 } 22	237 150	237	0 110	0 110	Couche C (suite). Calcaire gris compact.			
		237 040							
	5 } 1	236 860		0 095	0 530		0 530	Usure très accentuée Comm' d'usure, une veine permet la juxtapos ^{on} Joint presque parfait	
		236 765							
		236 560							
	14 Novembre 1910 — N° 24	1 } 4		236 510	256		0 150	0 150	Calcaire blanc jaunâtre compact.
				236 360					
2 } 24		235 455	0 125	0 280		0 280	Usure de 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m} joint très incliné		
		235 330							
		235 175							
3 } 25		234 935	0 135	0 240		0 240	id. 2 ^{m/m}		
		234 815							
15 Nov. — N° 25	4 } 26	234 195	255	0 120	0 120	Joint parfait id. id. (Mal orienté) id. cassure de remontée			
		234 195							
	5 } 26	233 760		0 015	2 245		2 245	id. cassure de remontée	
		233 635							
		233 620							
	15 Novembre 1910 — N° 26	6 } 28		233 390	253		0 230	0 230	id. id. Légère usure 1 ^{m/m} Usure de 1 ^{m/m} 1/2 id. 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m}
				233 390					
7 } 27		233 130	0 260	0 200		0 200	Usure accentuée de 2 ^{m/m} 1/2		
		232 930							
		232 835							
3 } 10		232 690	0 145	0 145		0 145	id. 2 ^{m/m}		
		232 535							
18 Nov. 1910 — N° 27	6 } 29	232 535	252	0 155	0 365	Usure de 2 ^{m/m} Légère usure de 1 ^{m/m} Usure accentuée de 2 ^{m/m} Légère usure de 1 ^{m/m} Usure de 1 à 2 ^{m/m}			
		232 325							
	1 } 30	232 085		0 130	0 130		0 130	Légère usure de 1 ^{m/m}	
		231 955							
	3 } 31	231 820		0 105	0 105		0 105	Usure accentuée de 2 ^{m/m}	
		231 715							
		231 715							
231 210									

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
N° 27 (suite) 6 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	32	251 210	251	0 105	0 780	Couche C.	
		251 105				0 205	Cassure nette, joint parfait
		250 900				0 110	Joint presque parfait
		250 790				0 030	id. légère usure de 1/2 m/m
		250 760				0 245	Légère usure de 1 m/m
		250 515				0 085	id. 1 m/m
		250 430					Usure accentuée de 2 m/m, joint horizontal
		250 340					id. 2 m/m id.
		250 260					id. 2 m/m
		249 910					id. 2 m/m
18 Novembre 1910. — N° 28 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	36	249 570	250	0 340	0 550		
		249 470				0 100	id. 2 m/m
		249 360				0 110	id. 2 m/m
		249 230				0 130	Usure très accentuée 2 m/m 1/2
		248 615				0 615	Légère usure 1 m/m
		248 615				0 085	id. 1 m/m
		248 530					Usure accentuée 2 m/m, roche tendre avec dépôts verdâtres
		248 375				0 155	id. 2 m/m id.
		248 235				0 120	id. 2 m/m id.
		248 020				0 235	id. 2 m/m id.
19 Novembre 1910. — N° 29 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	37	248 020	249	0 325	0 830	Délit verdâtre.	
		247 695				0 440	Légère usure 1 m/m
		247 580				0 115	Usure très accentuée 3 m/m
		247 420				0 160	Légère usure 1 m/m
		247 160				0 260	Cassure nette
		246 355				0 805	id.
		245 235				0 120	id.
		246 145				0 090	id.
		246 045				0 100	id.
		243 955				0 090	Usure de 2 m/m
20 Novembre 1910. — N° 30 1 2 3 4 5 6	42	247 160	247	1 465	1 465	Couches K. L. M.	
		246 355				0 120	Calcaire oolithique plus crayeux.
		245 235				0 090	
		246 145				0 100	
		246 045				0 100	
		243 955				0 090	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR		
				des morceaux	des carottes	
20 Novembre 1910. — N° 30	7	1	245 955	245	0 105	
	9	3	245 795	0 100	Légère usure de 1 ^{m/m}	
						10
	11	5	245 625	0 075	id. 1 ^{m/m}	
						12
	13	1	245 435	0 085	id. 2 ^{m/m} Morceau orienté	
						1
	2	3	245 220	0 075	Légère usure de 1 ^{m/m}	
						3
	4	5	245 020	0 080	id. 1 ^{m/m}	
						5
	6	46	244 820	0 145	id. 2 ^{m/m}	
7						47
	8	1	244 575	0 080	Usure très accentuée de 2 ^{m/m} 1/2	
1						2
	2	3	244 450	0 125	Légère usure de 1 ^{m/m}	
3						4
	4	49	244 210	0 115	Joint horizontal, usure accentuée de 2 ^{m/m}	
5						50
	6	51	243 985	0 155	Cassure difforme, usure accentuée 3 ^{m/m}	
7						52
	8	53	243 725	0 185	id. 2 ^{m/m} 1/2	
9						2
	10	54	243 375	0 155	Usure accentuée de 2 ^{m/m} Cinq morceaux durs. Quand on les a traversés, l'avancement a été moins rapide, et les tiges vibraient	
11						55
	12	56	243 110	0 080	Usure de 1 ^{m/m}	

Couches K. L. M.

Calcaire oolithique jaunâtre, délits
verdâtres.

Calcaire plus crayeux.

Calcaire oolithique plus compact,
délits verdâtres.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTIITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR					
				des morceaux	des carottes				
5 Février 1911. — N° 33	57	1	243 030	243	0 180	0 410	Usure accentuée de 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m}	Couches K. L. M. Calcaire un peu plus crayeux.	
		2	242 850						
		3	242 765						
		4	242 620						
	58	1	242 290	242	0 330 0 145	0 475	Légère usure de 1 ^{m/m} Usure accentuée de 2 ^{m/m}	Couche N. Calcaire oolithique avec fréquents grains de glauconie.	
		2	242 145						
	59	60	1	241 800	242	0 190 0 180	0 370	Légère usure de 1 ^{m/m} id. 1 ^{m/m}	Couche O. Calcaire oolithique bré- choïde. Caractère s'accroissant à la base de 60-2. Délit marneux.
			2	241 610					
3			241 430						
4			241 430						
6 Février 1911. — N° 34	61	1	240 870	241	0 360 0 270	1 230	Carotte cassée en la manipulant Joint parfait	Couche F. Calcaire oolithique roux délit marneux.	
		2	240 600						
	62	63	3	240 500	240	0 100 0 300	0 100	Cassure nette faite pendant la manœuvre (terre jaune)	Couche Q. Région très bréchoïde et rousse. Fragments de brèche cal- caire dans du sable jaune.
			4	240 200					
	63	64	4	240 070	240	0 130 0 130	0 130	Joint imparfait avec léger manquant Légère usure de 1 ^{m/m}	Couche R. Calcaire oolithique, compact, roux.
			5	239 940					
	64	65	6	239 725	240	0 215 0 135	0 235	Usure accentuée de 2 ^{m/m} Léger manquant de 1 ^{m/m}	Couche S. Banc très bréchoïde, sédi- mentation très irrégulière de cal- caire gris à grains roux, délits très nombreux.
			7	239 590					
			8	239 490					
			9	239 365					
65	66	10	239 365	240	0 125 0 165	0 125	Usure accentuée de 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m}	id. plus compact.	
		11	239 200						
7 Février. — N° 35	68	1	239 200	239	0 525 0 530	2 725	Légère usure de 1 ^{m/m} Joint parfait	Couche T. Beau calcaire oolithique blanchâtre.	
		2	238 675						
		3	238 145						
		4	237 770						
		5	237 390						
		6	236 855						
		7	236 820						
8 Février. N° 36	69	1	236 820	238	0 035 0 345	0 345	Joint presque parfait Joint parfait, cassure de manœuvre id. cassure nette		
		2	236 475						
			236 325			0 450	Usure accentuée de 2 ^{m/m} id. 2 ^{m/m}		

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
8 Février 1911. N° 36	3 4 70 { 1	236 325	<u>236</u>	0 340	0 485	Légère usure de 1 ^m / _m	Calcaire plus roux.	
		235 985						
	5 6 71 { 1	235 840	0 145	0 085	0 145	Manquant évalué à 5 ^m / _m	Diacalse oblique absorbant l'eau de la pompe	Couche U. Calcaire oolithique roux dur.
		235 755						
	7 8 72 { 1	235 995	0 115	0 060	0 115	En morceaux ficelés Usure très accentuée produite par le coincement de la bague. 5 ^m / _m environ		
		235 580						
	9 10 73 { 1	235 530	0 105	0 105	0 155	Joint presque parfait		
		235 425						
	11 12 74 { 1	235 415	0 110	0 195	0 305	Usure très accentuée de 3 ^m / _m		Couche V. Calcaire oolithique jaune à petits grains noirs.
		235 120						
	13 14 75 { 1	235 010	<u>235</u>	0 070	0 110	Usure accentuée de 2 ^m / _m		
		234 940						
	1 2 76 { 1	234 840	0 125	0 100	0 580	Cassure nette		
		234 715						
3 4 77 { 1	234 520	0 090	0 195	0 325	Usure légère de 1 ^m / _m	id. 2 ^m / _m	Couche V'. Glaucanie abondante au haut de la carotte.	
	234 430							
5 6 78 { 1	234 335	0 095	0 125	0 325	Usure accentuée de 2 ^m / _m , joint imparfait	id. 2 ^m / _m		
	234 210							
7 8 79 { 1	234 105	0 105	0 105	0 185	id. 2 ^m / _m	id. 2 ^m / _m	Couche W. Calcaire oolithique com- pact, rares grains noirs.	
	234 060							
9 10 78 { 2	233 920	<u>234</u>	0 045	0 140	Peu usé, joint se raccordant.		Calcaire oolithique jaune roux.	
	233 807							
11 12 79 { 1	233 777	0 113	0 030	0 113	Usure accentuée de 2 ^m / _m			
	233 660							
13 14 79 { 2	233 660	0 117	0 050	0 110	Joint presque parfait		Délits arénacés.	
	233 610							
15 16 79 { 3	233 500	0 110	0 070	0 110	Cassure nette			
	233 430							
17 18 79 { 4	233 400	0 030	0 030	0 320	Légère usure de 1 ^m / _m			
	233 400							
					Très légère usure de 1/2 ^m / _m	id. 1/2 ^m / _m		
					Cassure nette			
					Cassure assez nette			

Voir page suivante

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
9 Fév. — N° 37	16 } 79 } 17 } 18 }	233 400		0 520			Calcaire oolithique à grains roux.	
		233 275		0 425	6 665	Usure très accentuée 3 ^{m/m} Morceau plat, insuffisant pour avoir un N° Usure très accentuée de 3 ^{m/m} En 2 morceaux		
		233 255		0 020				
		233 230		0 025	0 065	Usure très accentuée de 3 ^{m/m}		
10 Février 1911. — N° 38	1 } 2 } 3 } 4 } 5 } 6 } 80 } 2 }	233 190		0 040		En plusieurs morceaux Usure très accentuée de 5 ^{m/m}	Couche W'. Sédimentation irrégulière. Délits sableux. Calcaires oolithiques plus arénacés, peu cimentés.	
		233 020			0 170	id. 5 ^{m/m}		
		232 830	233		0 170	id. 5 ^{m/m}		
		232 670			0 180	id. 5 ^{m/m}		
		232 585			0 083	id. 5 ^{m/m}		
		232 430			0 133	id. 5 ^{m/m}		
		232 265			0 163	id. 5 ^{m/m}		
		231 460	232		0 803	En 8 morceaux qui juxtaposés donnent une longueur de 0,51 ; manquant de 0,295 Usure très accentuée de 5 ^{m/m}		
11 Fév. 1911. — N° 39	1 } 2 } 3 } 4 }	231 303			0 155	id. 5 ^{m/m}	Banc très délité ayant donné 0,35 de manquant. Comme aucune secousse n'a été ressentie, il faudrait attribuer ce manquant à l'usure.	
		231 140	231		0 163	id. 5 ^{m/m}		
		230 585		0 535	1 100	Joint presque parfait		Couche W'. Calcaire oolithique, com- pact ; sédimentation irrégulière.
		230 040		0 545		Usure accentuée de 2 ^{m/m}		Couche X. Sédimentation irrégulière de calcaire oolithique.
13 Février 1911. — N° 40	3 } 4 } 5 } 6 } 91 } 2 }	229 870	230	0 170	0 490	Joint presque parfait		
		229 710		0 160		Légère usure de 1 ^{m/m}		
		229 550		0 160		id. 1 ^{m/m}		
		229 500		0 050		Joint presque parfait		
		229 000		0 500		Joint parfait		
		228 260	229	0 740	1 890	Joint possible, usure accentuée de 2 ^{m/m}		
15 Février 1911. — N° 41	1 } 2 } 3 } 4 } 5 } 6 } 93 } 7 } 8 } 94 }	228 000	228	0 260		Légère usure de 1/2 ^{m/m}		
		227 815		0 185		id. 1/2 ^{m/m}		
		227 660		0 133		Usure accentuée de 3 ^{m/m}		
		227 430		0 230	0 360	Joint presque parfait		
		227 300		0 130		Usure très accentuée de 5 ^{m/m}		
		226 790	227	0 510		id. 3 ^{m/m}		
								Couche X'. Calcaire oolithique, sédimentation très irrégulière.
								Couche Y. Apports sableux et marneux qui donnent à la roche sa couleur sombre.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
16 Février 1911. — N° 42	95	226 790	226	0 675	1 210	Très légère usure	Couche Y. Oolithe noyée dans une pâte marneuse.
		226 113					
		225 970					
		225 580					
		225 225					
		224 920					
17 Fév. — N° 43	96	224 685	225	0 305	0 355	Très légère usure	Grains siliceux.
		224 265					
		223 835					
18 Fév. 1911. — N° 44	97	223 615	224	0 220	0 570	id. id. } Morceaux retirés en un seul et cassés accidentellement.	Couche Y'. Roche semblable à Y, mais moins sombre.
		223 045					
		222 845					
22 Février 1911. — N° 45	98	222 435	223	0 200	0 410	Cassure nette	Couche Y". Changement subit de sédimentation. Calcaire oolithique purement calcaire, compact, roche jaune.
		222 300					
		221 960					
		221 750					
		221 570					
23 Fév. 1911. — N° 46	99	220 985	221	0 585	0 210	id. id. } Morceaux friables	Couche Z. Roche grise, soit calcaire oolithique marneux.
		220 970					
		220 640					
		220 474					
		220 108					
23 Fév. 1911. — N° 46	100	219 960	220	0 148	0 180	Cassure moins nette que les précédentes mais permettant facilement la juxtaposition	Délits sableux.
		219 765					
		219 150					
		219 100					
		218 755					
23 Fév. 1911. — N° 46	101	218 035	219	0 345	0 330	Cassure assez nette	Calcaire gris purement oolithique.
		218 035					
		217 960					
23 Fév. 1911. — N° 46	102	218 035	218	0 095	0 166	Cassure assez nette	Couche Z'. Sédimentation oolithique, bréchoïde, arénacée.
		218 035					
		217 960					
				6 960			

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
N° 46 } 6	24 } 25	217 960		6 960	7 540	Cassure assez nette	Couche Z'. Sédimentation plus calcaire.
		217 642		0 318			
		217 380		0 262			
N° 47 } 1 } 2 } 24 Fév. } 3 } 4 }	99 } 1 } 2 } 3 }		217	0 490	0 920	Cassure nette, un éclat En 2 morceaux	Couche Z". Sédimentation toujours oolithique, mais plus cimentée, teinte grise dominante.
				0 340			
				0 090			
				216 460		id.	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
3 Avril 1914. — N° 1	1	263 510	263	0 160	0 310	Origine du sondage. Avant-puits de 6 ^m 30	Calcaire blanc compact.
		263 350				Joint parfait. Un éclat	id.
		263 070				Joint parfait	id.
		263 000				Usure prononcée 2 ^m /m	id.
		262 690				Joint imparfait. Légère usure	id.
4 Avril 1914. — N° 2	3	262 590	262	0 100	0 610	Joint presque parfait	id.
		262 355				id. En 3 morceaux ficelés se raccordant	id.
		262 240				Joint parfait	id.
		262 080				Usure très accentuée 5 ^m /m	id.
		262 005				id. 5 ^m /m	id.
		261 675				Joint passable	id.
5 Avril 1914. — N° 3	6	261 450	261	0 225	0 555	en 6 morceaux ficelés	id.
		261 290				4 morceaux non raccordables et non numérotés	id.
		261 180				En 6 morceaux ficelés	id.
		261 165				Usure considérable évaluée à 15 ^m /m	id.
		261 070				Joint très rodé, usure 5 ^m /m	id.
		260 850				En 2 morceaux ficelés	id.
		260 710				En 3 morceaux ficelés	id.
		260 650				Joint parfait	Calcaire plus gris.
		260 650				Joint imparfait. Eclats	id.
		260 585				Eclats manquants 6 ^m /m	id.
6 Avril 1914. — N° 4	9	260 210	260	0 065	0 375	Usure accentuée 3 ^m /m	id.
		259 910				Joint parfait	id.
		259 760				id.	id.
		259 670				id.	id.
		259 515				Légère usure 1/2 ^m /m ; rapprochement possible	id.
6 Avril 1914. — N° 4	10	259 465	260	0 090	1 120	Joint parfait	id.
		259 465				Usure assez accentuée 1 ^m /m 1/2	id.
		259 215				Usure peu accentuée 1 ^m /m	Calcaire gris à veines grises horizontales.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR																													
				des morceaux	des carottes																												
6 avril 1911. — N° 4	12	259 245	239	0 500	0 830	Joint parfait	Calcaire gris compact.																										
		258 745						0 135	Joint presque parfait	id.																							
		258 580						0 195			Joint impossible. 2 éclats	id. oolithique.																					
		258 385											0 160	Usure très accentuée 2 à 3 ^m / _m	id.																		
		258 225														En 7 morceaux ficelés	id.																
258 105	0 120	id.	id.																														
7 avril 1911. — N° 5	15	257 930	258	0 175	0 225	id.	id.																										
		257 705						0 125	id.	id.																							
		257 580						0 030	Usure très accentuée 2 à 3 ^m / _m	id.																							
		257 530									Petit morceau très usé	id.																					
		257 365											0 185	Joint parfait	id.																		
257 245	0 120	id.	id.																														
256 400	257			0 845	1 670	Joint presque parfait	Calcaire toujours compact, un peu plus crayeux.																										
256 070								0 330	id.	id.																							
255 880											256	0 190	Légère usure 1 ^m / _m			id.																	
255 750	0 130													Joint parfait	Calc. gris compact avec petites taches noires.																		
255 210	0 540	id.	id.																														
18 avril 1911. — N° 7	20			254 230	255	0 980	0 365	id.			Calc. gris, petits délités indentés (stylolithes).																						
				254 080					254	0 150							0 365	id.	id. taches noires abondantes.														
				253 715								253	0 990			0 365				id.	id.												
				252 725										0 235	0 990							0 365	id.	id.									
		252 470	0 170	0 235					0 365																id.	id.							
		252 300										0 200															0 235	0 365	id.	id.			
		252 100												252																	0 525	0 365	id.	id.
		251 575	251																																0 815	0 315	id.	id.
250 760	0 315	0 315			0 315	id.	Calcaire oolithique plus foncé, un peu plus marneux.																										
250 445								0 335		0 315	0 315	id.		id. moins marneux.																			
250 090			5 790										0 335			5 790	id.	id.															

Voir page suivante

Carotte de 1^m67 retirée en un seul morceau, cassée en la sortant de la bague.

Couche C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
N° 8 19 Avril N° 9 19 Avril 1911. — N° 10 20 Avril 1911. — N° 10 21 Avril 1911. — N° 11	20	230 090	250	5 790	7 440	Joint parfait	Calcaire oolithique, moins marneux.	
		249 970		0 120				
	1	13	248 580	249	1 390	id.	id.	Calcaire blanc gris oolithique.
			248 440		0 140			
			248 220		0 220			
	2	16	248 440	248	0 300	Joint usé	En 4 morceaux ficelés cassés par la bague Le raccordement est toutefois possible	id.
			247 920		0 410			
			247 510		0 410			
			246 845		0 665			
	1	21	246 755	246	0 090	3 220	id.	id.
			246 338		0 417			
			246 070		0 268			
			245 940		0 130			
			245 540		0 400			
			245 220		0 320			
			245 025		0 195			
244 960			0 065					
244 783			0 175					
244 660			0 125					
244 560			0 100					
244 310			0 250					
244 245			0 065					
244 075			0 170					
243 915			0 160					
243 780			0 135					
243 650	0 130							
243 505	0 145							
243 340	0 165							
243 145	0 195							

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
21 Avril 1911. — N° 11	8	31	243 145		0 125		Calcaire oolithique.	
	9	32	243 020	<u>243</u>		Usure accentuée 2 ^{m/m}	id.	
	10	33	242 890		0 130	id. 2 ^{m/m}	Calcaire plus compact.	
		11	33	242 775		0 115	Usure très accentuée 5 ^{m/m}	id.
		11	34 { 1	242 615	0 160	0 245	Joint presque parfait	id.
		12		242 530					0 085	Usure très accentuée 3^{m/m}	id. délits verdâtres.
		13	35	242 445		0 085	Usure très accentuée 3 ^{m/m}	id.
				242 445		0 045	Carotte surmontée d'un éclat	id.
				242 400		0 120	Éclats très usés, non numérotés	id.
		14	36	242 280		0 120	Usure accentuée 2 ^{m/m} 1/2	id.
		15	37	242 145		0 135	id. 2 ^{m/m} 1/2	id.
		16	38	241 995	<u>242</u>	0 130	id. 2 ^{m/m} 1/2	id.
				241 910		0 085	id. Morceaux très usés, non numérotés	id. sommet du 38 delit verdâtre. qq. délits verdâtres.
		17	39	241 840		0 070	id.	id.
		18	40	241 775		0 065	id. 3 ^{m/m}	id.
		19	41	241 705		0 070	id. 3 ^{m/m}	id.
	22 Avril 1911. — N° 12	1	42 { 1	241 620	0 085	0 245	Joint presque parfait	id.
		2		241 460					0 160	Usure accentuée 2^{m/m}	id.
		3	43	241 235		0 225	Carotte surmontée d'un éclat	id.
4		44	241 195		0 040	id. 2 ^{m/m}	id.	
5		45	241 058		0 137	id. 2 ^{m/m}	id.	
6		46	240 895	<u>241</u>	0 163	id. 2 ^{m/m}	Calcaire oolithique avec grains de glauconie.	
7		47	240 750		0 145	id. 2 ^{m/m}	Calcaire oolithique.	
8		48	240 660		0 090	id. 3 ^{m/m}	id.	
9		49	240 385		0 275	id. 2 ^{m/m}	Base du 49. Calc. oolith. bréchoïde.	
10		50	240 160		0 225	id. 2 ^{m/m}	Sommet du 50. id.	
11		51	239 900	<u>240</u>	0 260	id. 2 ^{m/m}	Calcaire jaunâtre oolithique.	
12		52	239 750		0 130	id. 2 ^{m/m}	id. gris jaune.	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
24 Avril 1911 (matin). — N° 13	1 53	239 750			0 140		Calc. roux oolith., défits marneux.
	2 54	239 610			0 095		— id. —
	3 55	239 515			0 135		Calcaire compact, jaune
	4 56	239 380			0 110		
	5 57	239 270			0 115		
	6 58	239 155			0 105		Calcaires jaunes, bréchoïdes nombreux défits irréguliers.
	7 59	239 050			0 105		Calc. compact oolith. roux, traces de défits sableux au sommet.
	8 60	238 980	239		0 070		Cal. oolith. blanc, défits verdâtres.
	9 61	238 920			0 060		id. un peu plus jaune.
	10 62	238 780			0 140		id. id.
	11 63	238 690			0 090	Surmonté de petits morceaux	id. plus roux.
	12 64	238 630			0 060		id. plus gris.
	13 65	238 565			0 065		id. plus jaune.
	14 66	238 515			0 065		id. id.
	15 67	238 340			0 175		id. id.
	16 68	238 245			0 095		id. plus blanc.
	17 69	238 205			0 040		id. id.
	18 70	238 135			0 070	Plusieurs morceaux ficelés	id. id.
				0 090	2 morceaux		Beau calc. oolithique blanc.
24 Avril 1911 (soir). N° 14	1	238 045	238		0 220	Joint parfait	id.
	2	237 825			0 675	Joint presque parfait	id.
25 Avril 1911. — N° 15	1	237 150	237		0 310	id.	id.
	2	236 840			0 615	2 995	id.
	3	236 225	236		0 285	Joint parfait	id.
	4	235 940			0 735	Usure accentuée 3 ^m /m, joint se raccordant	id.
	5	235 205			0 155	Usure très accentuée 5 ^m /m	id.
	6	235 050	235		0 160	id. 5 ^m /m	id.
	7	234 890			0 160	Usure très accentuée	id.
		234 730					

Ces 12 morceaux donnent 1^m 06 en les juxtaposant au lieu de 1^m 18, soit 0^m 12 de manquant uniquement dû à l'usure des morceaux ainsi qu'en témoigne le volume anormal des sédiments.
L'usure a été répartie sur les joints.

Usure totale de 0^m 06 répartie sur les joints.

P

Y

X

Q

Y

Couches R et S

Couche T

Y

X

U

I

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
25 Avril 1914 (soir). — N° 16	74 { 1	234 730	234	0 185	0 380	Joint possible, Usure accentuée	Beau calcaire oolithique blanc.	
		234 545						0 195	Usure très accentuée	id.
	234 350			0 160	id.	Calc. oolith. jaune à grains noirs.		
	76 { 1	234 190		0 140	0 280	Usure accentuée. Joint possible	id.	id.
	76 { 2	234 050		0 140					Usure très accentuée	id.
	77	233 910		0 250	id.	id.		
	78 { 1	233 660		0 115	0 180	Usure accentuée. Joint possible	id.	Calc. oolithique plus jaune.
	78 { 2	233 545		0 065					Usure très accentuée	id.
	79	233 480		0 050	id.	id.		
	80	233 430		0 090	id.	id.		
	81	233 340		0 170	id.	Joint horizontal	id.	Glauconie à la base de la carotte.
	82 { 1	233 170		233 0 200	0 275	Joint possible. Usure 2 ^{m/m}	id.	Cal. oolithique roux, grains noirs.
	82 { 2	232 970		0 075					Usure très accentuée	id.
	83 { 1	232 895		0 105	0 225	Joint possible. Usure 2 ^{m/m}	id.	Calcaire oolithique jaune-roux.
	83 { 2	232 790		0 120					Usure très accentuée	id.
	84 { 1	232 670		0 140	0 180	id. Joint possible	id.	id.
	84 { 2	232 530		0 040					0 095	id.
	85	232 490		0 095	id.	id.		
	86	232 395		0 080	id.	id.		
	87	232 315		0 055	id.	Carotte surmontée de qq. morceaux	id. délits sableux au som- met et à la base du 86.	
88	232 260	0 060	Usure accentuée 2 ^{m/m}	id.	id.			
89	232 200	0 035	id.	id.	id.			
90	232 165	0 095	id.	En 3 morceaux ficelés	Calcaire oolithique jaunâtre.			
91	232 070	232 0 110	id.	En 3 morceaux ficelés	Calcaire oolithique jaunâtre. Sédimentation irrégulière.			
92	231 960	0 075	id.	id.	id.			
93 { 1	231 885	0 385	0 650	Cassure accidentelle faite pendant le transport Joint parfait	id.	id. traces de fossiles.		
93 { 2	231 500	0 265					Usure accentuée 2 ^{m/m}	id.
231 235					id.			

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DEFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR											
				des morceaux	des carottes										
26 Avril. — N° 17	8 94	231 235	<u>231</u>	0 395	0 395	Usure accentuée 2 ^m /m	Calc. oolith. jaune. Sédimentation irrégulière. Fossiles. La robe devient sombre à la base du 91.								
		230 840						0 215	id. 2 ^m /m	Calc. oolith. gris marneux. Sédimentation irrégulière plus sableuse.					
		230 625						0 075	Cassure accidentelle faite pendant le transport		id.				
		230 550										0 325	Usure accentuée 3 ^m /m, joint possible	id.	
		230 400													0 100	id. 3^{m}/m	Sédimentation foncée irrégulière.
26 Avril (soir). — N° 18	1 96	230 300	<u>230</u>	0 515	0 515	id. 2 ^m /m, joint possible	id.								
		229 785						0 665	1 340	Joint parfait	id.				
		229 120										<u>229</u>	0 160	Usure accentuée 2 ^m /m	Roche un peu plus compacte.
		228 960														0 350	1 735	Légère usure 1^{m}/m Grande carotte	id.
27 Avril 1914. — N° 19	1 98	228 410	<u>228</u>	1 185	1 185	id. 1 ^m /m	id.								
		227 225						<u>227</u>	0 455	Joint parfait	id.				
		226 770										0 400	Joint presque parfait	id.	
		226 370						0 403	Légère usure 1/2 ^m /m	id.					
		226 267									0 421	1 410	id.	id.	
		226 146						0 104	id.	id.					
		226 042													<u>226</u>	0 118	id.	id.
		225 924						0 109	Usure de 1 ^m /m	id.	id.				
		225 815										0 115	id.	Roche foncée de calc. oolith. un peu plus sableux.	id.
		225 700						0 117	Légère usure 1/2 ^m /m	id.	id.				
225 583	0 111	id.	id.	id.											
225 472					0 112	id.	id.	id.							
225 360	0 128	0 703	id.	id.											
225 232					0 129	id.	id.	id.							
225 103	<u>225</u>	0 106	id.	id.											
224 997					0 101	id.	id.	id.							
224 896	0 126	0 462	id.	id.											
224 770					0 115	id.	id.	id.							
224 655	0 120	Usure de 1 ^m /m	id.	id.											
224 535															

Couches W, W', X, X', Y,

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR								
				des morceaux	des carottes							
27 Avril. — N° 19	103	224 535					Roche foncée de calcaire oolithique un peu plus sableux.					
		224 430						0 105	Usure 1 ^{m/m}			
	104	224 320						0 110	id.	id.		
		224 197						0 123	id.	id.		
	105	2						224 082	0 115	0 360	id.	id.
								223 960	0 122	Usure 2 ^{m/m}	id.	
		1						223 628	0 332	Joint presque parfait	id.	
28 Avril. — N° 20	2	223 072	223	0 556	Joint parfait	Sédimentation plus calcaire marne, interoolithique moins abondante.						
		221 755	1 317	id.	Grande carotte	Calcaire marneux à sédimentation irrégulière à la base.						
	106	4	221 667	222	0 088	3 290	id.					
			221 515	0 152	id.	id.	mais grain plus clair.					
	6	6	220 730	221	0 785	id.	id.	les 30 cm sup. sont beaucoup plus clairs, toujours oolithiques.				
			220 670	0 060	Joint imparfait. Usure 2 ^{m/m}	Calc. oolithique, foncé, marneux.						
29 Avril 1914. — N° 21	107	220 535			0 135		id.					
		220 345						0 190	Joint très usé 5 ^{m/m}	id.		
	1	2			220 235	0 110	Joint parfait	id.	défil irrégulier au milieu de la carotte.			
					220 130	0 105	id.	id.				
	3	3			220 060	0 070	id.	id.				
					219 920	220	0 140	id.	id.			
	6	6			219 775	0 145	id.	id.				
					219 655	0 120	id.	id.				
	108	8			219 447	0 208	1 895	id.	id.			
					219 295	0 152	id.	id.				
	10	10			219 075	0 220	6 cylindres se raccordant parfaitement	id.	nombreux défil.			
					218 870	219	0 205	id.	partie plus calcaire.			
	12	12			218 770	0 100	id.	id.				
					218 690	0 080	id.	id.				
	14	14			218 640	0 050	3 éclats	id.				
					218 640	Usure accentuée						

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR					
				des morceaux	des carottes				
29 Avril. — N° 21	17 18	218 640							
		218 610		0 030	0 205	Non numérotés	Eclats ayant tourné sur la carotte suivante en produisant une usure concentrique considérable.		
		218 433		0 175					
		218 300	1		0 133		Usure très accentuée 6 ^{m/m}		
1 ^{er} Mai 1911 — N° 22	1 2	218 300	218	0 765	1 515				
		217 535	3			0 535		Joint parfait	id. région plus bréchoïde.
1 ^{er} Mai (soir) et 2 Mai 1914. — N° 23	1 2 3 4 5 6 7 8	216 980	217	0 060					
		216 920	4				Joint presque parfait En 3 morceaux ficelés se raccordant parfaitement	id. plus arénacée.	
		216 760	111	1	0 160	0 300	Légère usure 1 ^{m/m}	id. id.	
		216 620	2		0 140					Usure très accentuée 5^{m/m}
		216 305	112	1		0 315		Cassure accidentelle, joint très oblique	Calcaire oolith. foncé; apparition de grains plus clairs.
		216 100	2					Usure accentuée 3 ^{m/m}	id. id.
		215 490	113	6		0 205		Usure très accentuée 6 ^{m/m}	Sédimentation plus claire, plus calcaire à 216 22.
		215 380	114	7	216	0 610		Usure 2 ^{m/m}	id.
	115	8		0 110		Eclats sous la calotte.			

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
29-30-31 Mai 1911. — N° 1	1	263 800	265	0 230	0 130	Fond de l'avant-puits de 4 ^m 33	Bancs supérieurs à A —	
		263 370				Débris		
		263 440				2 morceaux très usés		Calcaire oolithique blanc compact.
		263 330				1 morceau très usé		id.
		264 720				5 morceaux se raccordant parfaitement		id.
		264 380				Usure très accentuée 5 ^{m/m}		id.
		264 460				Joint parfait		id. fossiles.
		264 260				id.		id.
		264 120				id.		id.
		263 895				Joint très incliné. Usure très accentuée 5 ^{m/m}		id. au pied du 5, délit verdâtre.
		263 795				Usure accentuée 3 ^{m/m}		Calcaire oolithique blanc compact.
		1 ^{er} Juin 1911. — N° 2				1		263 740
263 740	id.							
263 740	id. haut et bas du 7, délit verdâtres.							
263 670	Usure très accentuée 4 ^{m/m}		Calcaire plus gris compact.					
263 320	Joint parfait		id. redevenant blanc vers la base de la carotte.					
262 770	Joint imparfait. Usure 3 ^{m/m}		Calcaire oolithique fossilifère.					
262 325	En 18 morceaux très usés		id.					
262 225	Usure très accentuée 5 ^{m/m}		Calcaire très blanc.					
262 040	En 2 morceaux		id. stylolithes à la base.					
261 750	Joint parfait très incliné		id.					
261 320	En 5 morceaux se joignant parfaitement		id.					
2 ^e Juin. N° 3 et 4	1		261 210	261	0 110		0 300	Usure très accentuée				Calcaire gris compact.
		260 910	Calcaire oolithique gris, délit irréguliers.					
		259 885	1 025			Poche marneuse et marno-calcaire		Poche argileuse avec fragments calcaires disséminés, un peu gréseuse au sommet.
		259 750	0 135			Usure accentuée 3 ^{m/m}		Calcaire gris.
		259 585	0 165			Joint parfait		Calcaire gris compact, injections glauconitiques.
		258 735	0 850			Joint presque parfait, usure 1 ^{m/m}		id. id.
3 ^e Juin. — N° 5	1	258 475	259	0 260	1 420	Usure 3 ^{m/m} rapprochement possible	Calcaire oolithique plus crayeux.	
		258 330				0 145	id. 3 ^{m/m}	id.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTIITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR											
				des morceaux	des carottes										
3 et 6 Juin 1914. — N° 6	2	16	258					258 330	0 090	En 2 morceaux	Calcaire oolithique plus crayeux.				
	3	17						258 240	0 150			Usure accentuée 3 ^{m/m}	id.		
	4	18						258 090	0 190	id. 4 ^{m/m}	id.				
	5	19						257 900	0 185	id. 3 ^{m/m}	id.				
	6	20						257 715	0 155	0 305	Joint parfait	id.			
	7												257 560	0 150	
	8	21						257 410	257				Usure accentuée 4 ^{m/m}	0 090	id.
	9	22						257 320					0 195	id. 3 ^{m/m}	id.
	10	23						257 125					0 285	id. 4 ^{m/m}	id.
	11	24						256 840					0 260	id. 3 ^{m/m}	id. délits verdâtres.
	12	25	256 580	0 260	id. 2 ^{m/m}	Calcaire blanc crayeux oolithique.									
	13	26	256 545	0 035	id. 2 ^{m/m}	id.									
	14	27	256 370	0 175	id. 3 ^{m/m}	id.									
	15	28	256 140	0 230	id. 3 ^{m/m}	id.									
	16	29	256 035	0 485	0 625	Usure 1 ^{m/m}	id.								
	17							255 550					0 140		
	18	30	255 410	256				Usure accentuée 3 ^{m/m}	0 145	id.					
	19	31	255 265					0 260	id. 4 ^{m/m}	id.					
	20	32	255 005					0 255	id. 4 ^{m/m}	id.					
	21	33	254 750					0 170	id. 3 ^{m/m}	id.					
	22	34	254 580					0 250	id. 3 ^{m/m}	id.					
	23	35	254 330					0 200	0 575	Joint presque parfait	id.				
	24											254 130	0 375		
	25	36	253 755					255				Usure accentuée 5 ^{m/m}	0 175	id.	
	26	37	253 580									0 245	id. 5 ^{m/m}	id.	
	27	38	253 335									0 155	id. 5 ^{m/m}	id.	
	28	39	253 180	0 165	id. 3 ^{m/m}	id.									
			253 015		id. 3 ^{m/m}										

Caisse N° 7. — Petits grains de silice.

Coulée C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR										
				des morceaux	des carottes									
7 Juin. N° 7	40	253 015	253	0 335	0 940	Joint parfait	petits grains de silice	Calcaire blanc crayeux oolithique.						
		252 680						0 253	id. devient plus jaune.					
		252 425						0 350	id. qq. délits irréguliers.					
16 Juin. — N° 8		252 075	252	0 625		Usure 2 ^{m/m}	rien d'anormal	id. id.						
		251 450						0 855	id. devient moins crayeux.					
		250 595						0 372	id.					
		250 223						0 203	id. usure 2 ^{m/m}					
16 Juin. N° 9	41	250 020	250	0 480	5 435	Joint parfait	quelques grains étrangers	id.						
		249 540						0 275	id.					
		249 265						0 155	id.					
		249 110						0 850	id.					
28 Juin 1911. — N° 10	42	248 260	249	0 635		id.	rien d'anormal	id.						
		247 625						0 825	id.					
		246 800						0 180	id.					
29 Juin 1911. — N° 11	43	246 620	246	0 120	6 445	Usure 2 ^{m/m}		id.						
		246 260						0 360	id.					
		246 140						0 120	id.					
		245 920						0 220	id. Joint presque parfait					
		245 815						0 105	id.					
		245 720						0 095	id. Usure accentuée 4 ^{m/m}					
		245 425						0 295	id. 4 ^{m/m}					
29 Juin 1911. — N° 11	44	245 360	245	0 065	0 445	id. 3 ^{m/m}	rien d'anormal	id. id.						
		245 360						0 065	id. 3 ^{m/m}					
		245 235						0 125	id. 3 ^{m/m}					
		244 965						0 270	id. 4 ^{m/m}					
		244 695						0 270	id. 4 ^{m/m}					
		244 530						0 165	id. 4 ^{m/m}					
		244 345						0 185	id. 4 ^{m/m}					

Couche C

Couches K, L, M.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR								
				des morceaux	des carottes							
29 Juin 1911. — N° 11	52	244 345	244	0 585	1 280	Joint parfait	rien d'anormal	Calcaire oolithique blanc crayeux (délits verdâtres particuliers irréguliers.)				
		243 760							0 270	Joint presque parfait, usure 1 ^{m/m}	id. id.	
		243 490							0 215	Joint parfait	id. id.	
		243 275							0 055	id.	id. id.	
		243 220							0 130	Joint presque parfait		
		243 090							0 025	Usure accentuée 3 ^{m/m}	id.	
	16	53	242 935	243	0 130	Usure 2 ^{m/m}	id.	rien d'anormal	Calc. blanc jaunâtre avec délits verdâtres.			
	17	54	242 810		0 125	Usure très accentuée 5 ^{m/m}	id.					
	30 Juin 1911. — N° 12	55	242 680	242	0 130	0 120	Usure accentuée 3 ^{m/m}	un peu de silice	id.			
			242 560							0 050	id. 5 ^{m/m}	id.
			242 510							0 050	id. 3 ^{m/m}	id.
		3	57	242 460	242	0 165	Usure 2 ^{m/m}	id.	quelques grains étrangers	id. apparition de grains verts.		
		4	58	242 295		0 170	Usure accentuée 4 ^{m/m}	id.				
		5	59	242 125		0 275	Usure très accentuée 5 ^{m/m}	id.				
		6	60	241 850		0 140	Usure accentuée 3 ^{m/m}	id.				
		7	61	241 710	241	0 200	0 530	Joint parfait	Couche N	id.		
		8	62	241 510							0 190	Joint imparfait	id.
9		63	241 320	0 260							Usure accentuée 3 ^{m/m}	id.
1 ^{er} Juillet 1911. — N° 13		64	241 060	241	0 085	0 630	Joint parfait	rien d'anormal	Calcaire oolithique bréchoïde.			
	240 975		0 260							id. 3 ^{m/m}	id.	
	1	64	240 715	241	0 235	0 630	Joint parfait	Calcaire oolithique roux.				
	2	65	240 480						0 050	id.	id. délits sablonneux.	
	3	65	240 430						0 050	Usure accentuée 3 ^{m/m}	id. id.	
	4	65	240 350	241	0 080	0 300	Joint parfait	rien d'anormal	Calcaire oolithique roux.			
	5	65	240 310							0 040	id.	id.
6	65	240 180	0 130							id.	id.	
7	65	240 130	0 050							Usure accentuée 3 ^{m/m}	devient bréchoïde.	

Couches K, L, M.

Couche N

Couches O, P, Q.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR							
				des carottes	des morceaux						
1 ^{er} Juillet 1911 (matin). — N° 13	66	240 130	240	0 075	0 270	Joint parfait	Calcaire oolithique roux, devient bréchoïde.				
		240 033						id.	id.		
		240 000						— id. —	6 éclats		
		239 915						Joint presque parfait	Calcaire oolithique compact roux.		
		239 860						Usure très accentuée 10 m/m	id.		
		239 780						— id. — 10 m/m	id.		
		239 640						— id. — Morceau difforme	id. délits irréguliers.		
		239 545						— id. — 10 m/m	id.		
		239 545						— id. — Morceau difforme	id.		
		239 545						— id. — 10 m/m	id.		
		239 545						— id. — En 2 morceaux	Calcaire oolithique bréchoïde.		
		239 345						Usure accentuée 4 m/m	id.		
		239 200						Joint parfait	Calcaire blanc très bréchoïde, sédiments de calcaire jaunâtre, délits nombreux.		
		238 980						— id. —	Calcaire jaunâtre compact.		
1 ^{er} Juillet (soir). — N° 14	71	238 735	239	0 245	238 860	— id. —	rien d'anormal				
		238 580						id.	plus crayeux.		
		238 465						Usure accentuée 5 m/m	id.	devenir plus blanc.	
		238 465						— id. — 5 m/m	id.	id.	
		238 360						— id. — 5 m/m	id.	id.	
		238 360						— id. — 5 m/m	id.	id.	
		238 230						— id. — 5 m/m	id.	parties à délits irréguliers.	
		237 785						Joint parfait	id.	id.	
		237 320						— id. —	Calcaire oolithique blanc-jaunâtre.		
		237 050						Joint presque parfait	id.		
3 Juillet (matin). — N° 16	75	236 895	237	0 155	1 335	Usure 2 m/m					
		236 825						id.			
		236 520						Joint passable, usure 1 m/m	id.		
		236 520						Joint parfait	id.		
		236 260						— id. —	id.		
		236 045						Joint presque parfait	id.	un peu crayeux.	
3 Juillet (soir). — N° 16	77	235 975	236	0 070	0 240	Usure accentuée 3 m/m					
		235 825						id.	id.		
		235 825						0 150	Legère usure 1 m/m	id.	id.
		235 735						0 090	Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
		235 735						0 090	— id. —	id.	id.
		235 645						0 090	— id. — 3 m/m	id.	id.
		235 645						— id. —	3 m/m	id.	id.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DEFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR							
				des morceaux	des carottes						
3 Juillet (soir) N° 16	8	235 645			0 130	Usure accentuée 3 ^{m/m} id. 3 ^{m/m} id. 3 ^{m/m}	rien d'anormal	Calcaire oolithique blanc-jaunâtre, un peu crayeux. id. id. devient plus roux.	T, U.		
	9	235 515			0 115						
	1	235 400			0 375						
4 Juillet (matin). — N° 17	2	235 025	235	0 305	0 380	Légère usure 1 ^{m/m} , joint possible Usure accentuée 2 ^{m/m} Joint très imparfait, usure 1 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m}	sédimentation	Calcaire oolithique jaune à petits grains noirs (abondants au bas de 82 1). id. id. id. id. id. id. Sur 0 ^m 10 à la base de la carotte 86, grains de glauconie de la couche V.	Couches V et V		
	3	234 720									
	4	234 645									
	5	234 575									
	6	234 460									
	7	234 265									
	8	234 070									
	9	233 830								234	0 240
	4 Juillet (soir). — N° 18	1								233 483	233
2		233 140									
3		232 920									
4		232 860									
5		231 985									
6		231 750									
7		231 515									
8		231 250									
9		231 100	231	0 125							
5 Juillet (matin). N° 19	1	230 975	230	0 363	0 275	Joint parfait id. id. Usure accentuée 3 ^{m/m}	rien d'anormal	Sommet de la carotte plus jaune; le reste, bréchoïde gris. Calcaire gris-foncé id. id. délits sableux.			
	2	230 612									
	3	229 797									
	4	229 748									
5 Juillet (soir). N° 20	1	229 700	229	0 048	0 190	Usure accentuée 3 ^{m/m} id. 3 ^{m/m} id. 3 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m}		id. partie plus compacte. Sédimentation grise bréchoïde.			
	2	229 510									
	1	229 400									
	2	228 945									

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
5 Juillet (soir). — N° 20	99	228 943	228	0 340	0 885	Usure 1 ^{m/m} , joint possible	Sédimentation grise bréchoïde. Plus compact. Plus compact pour le haut de la carotte, bréchoïde à la base. id. Très bréchoïde.	
		228 405						0 345	Usure 2^{m/m}
	100	228 060		0 505	0 430	Joint parfait		id.
		227 630			0 075	Usure 2 ^{m/m}		
		227 355			0 580	Cassure accidentelle très nette		
		226 975			0 300	Joint parfait		
6 Juillet (m.). — N° 21	101	226 675	226	0 590	2 780	id.	id. id. id. id. id. id.	
		226 085						0 215	id.
		225 870		0 755	id.			
		225 415		0 340	Usure légère 1 ^{m/m}			
6 Juillet (soir). — N° 22	102	224 775	225	0 475	0 815	Joint parfait	id. id. id. id. id.	
		224 300						0 340	Légère usure 1^{m/m}
		223 960		0 385	Joint parfait			
		223 575		0 535	id. un éclat			
		223 040		0 805	id.			
22 Juillet. N° 23	103	222 235	222	0 372	3 475	id.	Sédimentation plus jaune, plus claire et plus compacte. id. La sédimentation grise réapparaît. Calc. gris, sableux à la base. Plus calcaire.	
		221 863		0 133				id.
		221 730		0 465				id.
		221 265		0 069				id.
24 Juillet 1911 (matin). — N° 24	103	221 196	221	0 022	3 475	id.	id. id. id. id. id. id. id.	
		221 174		0 034				id. un éclat
		221 140		0 098				id.
		221 042		0 405				id.
		220 637		0 152				id.
		220 485		0 410				Usure 2 ^{m/m}
		220 375		0 030				Joint parfait
		220 345		0 123				id.
24 Juillet (s.), N° 25	104	220 222	220	0 245	0 508	id.	Base plus bréchoïde. Calcaire gris foncé. id. id. id.	
		220 222		0 123				id.
		220 222		0 123				id.
		219 977		0 245				Joint imparfait, très légère usure 1/4 ^{m/m} .

Couches de W à Y'

Couches de Y'' à Z

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR									
				des morceaux	des carottes								
24 Juillet (soir). — N° 25	4	105	219	0 270	0 132	Joint imparfait, usure très légère 1/4 m/m	rien d'anormal	Calcaire gris-foncé					
		219 845											
		219 770											
		219 730											
	7	108							0 355	id. — id. — 1/4 m/m	id.		
		8							109	0 205	id. — id. — 1/4 m/m	id.	
									1	110	0 270	id.	id.
										2	110	0 470	0 775	Joint parfait	id.	devient bréchoïde.
3	110		0 470	0 775	id.	id.	id.						
	4	111	0 035	0 035	Usure 3 m/m	id.	id.						
		4	111	0 020	0 020	En 2 morceaux	id.	id.					
			4	111	0 020	0 020	En 2 morceaux	id.	id.				
4				111	0 020	0 020	En 2 morceaux	id.	id.				
	4			111	0 020	0 020	En 2 morceaux	id.	id.				

Couches de Yⁿ à Z

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR						
				des morceaux	des carottes					
19 et 20 août 1911. — N° 1	1 et 2	264 710	264							
		264 450		0 260	Débris superficiels, béton					
	264 410	0 340		Morceaux très usés arrondis						
	3	3		264 015	0 095	0 260	Joint parfait	Toit de A : 264 20		
				263 830	0 165			Usure très accentuée 5°/m	Calcaire blanc compact	
	4	4		263 710	0 140	0 220	Joint presque parfait, très incliné	id.		
				263 630	0 080			Usure très accentuée 5°/m	id.	
	5	5		263 480	0 150	0 220	Joint presque parfait	id.		
				263 410	0 070			Usure très accentuée 5°/m	id.	
	6	6		263 280	0 130	0 245	Joint presque parfait	id.		
				263 165	0 115			Usure très accentuée 5°/m	id.	
					263	0 385	Intervalle de 0 385 Les morceaux recueillis sont très usés et arrondis Beaucoup n'ont pas été recueillis Aucun choc n'a été ressenti	id.		
	21 Août 1911. — N° 2	7		262 780	262					
				262 725		0 055	Usure très prononcée			
		262 555		0 170		En 4 morceaux très usés et arrondis				
		8		8		262 453	0 107	id.	1°/m	id.
						262 443					0 213	id.	1°/m	id.
9		9	262 240	0 100		id.	1°/m	id.		
			262 230						0 075	id.
10		10	262 140	0 075		id.	1°/m	id.		
			262 130						0 075	id.
11		11	261 985	0 240		Usure très prononcée	En 8 morceaux très usés, arrondis	id.		
			261 745						0 155	Usure très prononcée	id.
12		12	261 595	0 070		Usure très prononcée 1°/m	En 2 morceaux	id.		
			261 585						0 100	Usure très prononcée 1°/m	id.
13		13	261 525	0 185		id.	1°/m	id.		
			261 515						0 165	Joint parfait	id.
14		14	261 425	0 140		id.		id.		
			261 415						0 110	id.		id.
15	15	261 235	0 775	id.		id.				
		261 070					0 320	id.		id.
16	16	260 960	1 555	id.		id.				
		260 185								
17	17	259 865								

Ensemble des couches A, A', B, B'

plus oolithique.

Calc. plus gris, toujours compact.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTIITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
22 Août (m.) N° 3	3	259 865	259	1 533	3 090	Joint parfait	Calcaire plus gris, toujours compact ; petits grains noirs.
		259 595		0 270			
		258 930		0 665			
22 Août (soir) N° 4	1 2 3	258 330	258	0 600	0 320	Joint impossible Brisée en un grand nombre de morceaux en les dégageant de la bague	id. mais blanc à la base. Calc. compact blanc id. plus crayeux.
		258 010		0 385			
		257 625		0 255			
28 Août (m.) N° 5	1 2 3 4	257 370	257	0 325	0 640	Usure 1 ^{m/m} , rapprochement possible Usure très accentuée 5 ^{m/m} id. 5 ^{m/m} Légère usure 1 ^{m/m}	id. un peu plus crayeux. id. id. id. id. id. un peu plus gris.
		257 045		0 300			
		256 745		0 945			
		255 800		0 520			
23 Août (s.) N° 6	1 1bis	255 280	256	0 590	3 280	Joint parfait	id. id. id. plus clair.
		254 690		1 225			
24 Août (mat.) — N° 7	1 2 3 4 5 6	253 465	254	0 045	0 045	Usure très accentuée 5 ^{m/m} morceau très usé Usure très accentuée 5 ^{m/m} id. 5 ^{m/m} id. 5 ^{m/m} Usure très prononcée 2 ^{m/m} Le morceau s'est coincé dans la couronne et a arrêté l'enfoncement en produisant une usure anormale	id. id. id. id. id. id.
		253 420		0 235			
		253 185		0 250			
		252 935		0 250			
		252 840		0 095			
		252 820		0 020			
24 Août (s.) N° 8	1	251 855	252	0 965		Joint parfait	Calc. oolithique jaunâtre.
25 Août (matin) N° 9	1 2 3	250 930	251	0 925	2 865	id. id. id.	id. id. id.
		250 250		0 680			
		250 045		0 205			
		249 935		0 090			
25 Août (soir) — N° 10	1 2 3 4 5 6	249 640	249	0 315	0 315	Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure 2 ^{m/m} Usure accentuée 3 ^{m/m} conique Usure 2 ^{m/m}	id. zone plus crayeuse. id. id. id. id. id. id.
		249 125		0 515			
		248 940		0 185			
		248 590		0 350			
		248 370		0 220			
		248 370		0 220			

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR						
				des morceaux	des carottes					
25 Août 1911 (matin) N° 11	1 2 3	248 370	248	0 495	3 000	Joint parfait	Calcaire oolithique jaunâtre; zone plus crayeuse.			
		247 875					0 455	id.	plus compact, délits verdâtres.	
		247 420					0 650	id.	id.	
22 Août (s.). N° 12	1 2	246 770	246	1 400	0 235	Usure 2 ^{m/m}	id.			
		245 370					0 235	id.	id.	
28 Août 1911. N° 13	1 2 3 4	245 135	245	0 093	0 665	Joint presque parfait	Calcaire oolithique jaunâtre.			
		245 042					0 025	id.	plus crayeux.	
		245 017					0 312	id.	délits verdâtres.	
		244 705					0 125	Usure 2 ^{m/m}	id.	
	5 6 7	35	244 580	244	0 200	0 265	Usure 2 ^{m/m}	Calc. oolith. blanc-jaunâtre crayeux.		
			244 380					0 265	id.	id.
			244 115					0 025	Joint presque parfait	id.
	8 9 10 11 12 13	38	244 090	244	0 170	0 590	id.	id.		
			243 920					0 130	id.	id.
			243 790					0 210	Joint possible, usure très légère	id.
243 580			0 315					Joint presque parfait	id.	
243 475			0 105					Usure 2 ^{m/m}	id.	
243 390			0 085					Usure accentuée 3 ^{m/m} , conique	id.	
243 190			0 200					Usure 2 ^{m/m}	id.	
29 Août. N° 14	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	242 940	243	0 250	0 115	Usure légère 1 ^{m/m}	id.			
		242 825					0 260	id.	id.	
		242 565					0 160	id.	id.	
		242 405					0 090	id.	id.	
		242 315					0 060	id.	id.	
		242 255					0 085	id.	id.	
		242 170					0 180	id.	délits verdâtres irréguliers.	
		241 990					0 075	Usure très accentuée 5 ^{m/m}	id.	
		241 915					0 075	Usure très accentuée 5 ^{m/m}	id.	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
29 Août 1911. — N° 14	4 51	241 915			0 115		Calcaire oolithique blanc-jaunâtre crayeux, délit verdâtres irréguliers.	
	5 52	241 800			0 075	Usure très accentuée 5 ^{m/m}		
	6 53	241 725			0 050	Morceau très use	Calc. oolit. compact avec grains de glauconie.	
	7 54	241 675			0 100	Usure très accentuée	id.	
	8 55	241 575			0 140	Morceau très usé, arrondi	id.	
	9 56	241 435			0 085	Usure 2 ^{m/m}	id. glauconie fréquente.	
	10 57	241 350			0 480	Usure 2 ^{m/m}	id.	
	11 58	240 870	241		0 240	Légère usure 1 ^{m/m}	Calc. oolith. jaunâtre à glauconie, bréchoïde.	
	12 58	240 630			0 310	id. 1 ^{m/m}	id.	
	13 59	240 360			0 160	Joint presque parfait	id. bréchoïde.	
	14 60	240 200			0 240	Légère usure 1 ^{m/m}	Calcaire oolithique roux, délit irréguliers.	
	15 61	239 960	240		0 160	id. 1 ^{m/m}	id. bréchoïde.	
	30 Août 1911 (matin). — N° 15	1 61	239 800			0 160	id. 1 ^{m/m}	id. id. base compacte.
		2 62	239 560			0 240	Joint presque parfait	Calc. oolith. roux.
		3 62	239 335			0 490	Joint parfait	id.
4 63		239 310			0 070	Très légère usure	id.	
5 64		239 240			0 130	Légère usure 1 ^{m/m}	id. bréchoïde.	
6 65		239 110			0 080	id. 1 ^{m/m}	id. id.	
7 66		239 030			0 150	id. 1 ^{m/m}	id. id.	
8 67		238 880	239		0 035	Usure 2 ^{m/m}	id. id.	
9 68		238 845			0 125	Usure 2 ^{m/m}	id. id.	
10 69		238 720			0 050	Usure 2 ^{m/m}	id. id.	
11 70		238 670			0 175	Usure 2 ^{m/m}	id. id.	
12 71		238 495			0 115	Usure 2 ^{m/m}	Calcaire oolithique jaunâtre, bréchoïde.	
13 72		238 380			0 090	Usure 2 ^{m/m}	id. plus compact.	
14 73		238 290			0 225	Usure 2 ^{m/m}	id. devient plus clair et plus crayeux.	

Ensemble des couches N, O, P, Q, R, S

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
30 Août 1911 (soir). — N° 16	1	238 063	<u>238</u>	0 090	0 635	Légère usure 1 m/m, joint possible	Calcaire oolithique jaunâtre plus clair et plus crayeux.
	2	237 975					
	3	237 570					
	4	237 410					
	5	237 260					
	6	237 000					
31 Août 1911 (matin). — N° 17	1	236 760	<u>237</u>	0 240	0 170	Usure accentuée 3 m/m	id.
	2	236 405					
	3	236 075					
	4	235 835					
	5	235 665					
	6	235 570					
	7	235 430					
	8	235 345					
	9	235 190					
	10	235 100					
31 Août 1911 (soir). — N° 18	1	234 980	<u>236</u>	0 120	0 085	Légère usure 1 m/m, joint possible	id.
	2	234 835					
	3	234 650					
	4	234 620					
	5	234 535					
	6	234 450					
	7	234 240					
	8	234 200					
	9	234 120					
	10	234 055					
	11	234 000					
	233 892	<u>235</u>	0 145	0 185	0 030	Usure 2 m/m	id.
		<u>234</u>	0 085	0 085	0 085	Usure 2 m/m, joint incliné.	Calc. oolith. jaune à petits grains noirs.
			0 210	0 210	0 210	Usure accentuée 3 m/m	id.
			0 040	0 040	0 040	id. 3 m/m	id. grains noirs abondants.
			0 080	0 080	0 080	id. 3 m/m	id.
			0 065	0 065	0 065	Usure 2 m/m	id. devient plus clair.
			0 035	0 035	0 035	Usure 2 m/m	id.
			0 108	0 108	0 108	Usure 2 m/m	id.

Couches T, U

Couche V

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
31 Août (s.). N° 18	12 96	233 892			0 107		Calcaire oolithique jaune, devient plus clair.
	13 97	233 785			0 095	Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	14 98	233 690			0 070	Usure 2 ^{m/m}	id. délits verdâtres.
	15 99	233 620				Usure 2 ^{m/m}	
			233 430			0 190	Débris manquants 3 ^{m/m}	Grains de glauconie abondants dans le bas de la carotte.
1 ^{er} Septembre (matin). — N° 19	1 100 { 1	233 205	233	0 225	0 360	Joint presque parfait, très légère usure	Calc. oolith. roux, encore grains de glauconie.
	2 100 { 2	233 070		0 135		Usure 2 ^{m/m}	id. nombreux grains noirs.
	3 101	232 850			0 220	Usure 2 ^{m/m}	id. grains noirs plus rares, fissures verticales.
	4 102 { 1	232 750		0 100	0 300	Joint parfait, cassure accidentelle	Calc. oolith. plus gris, délits argileux à la base et au sommet.
	5 102 { 2	232 550		0 200		Usure 2 ^{m/m}	id. à la base, début de la sédimentation grise.
	6 103 { 1	232 475		0 075		Joint parfait, cassure accidentelle	Calc. oolith. gris, sédimentation hauterivienne.
	7 103 { 2	232 410		0 065	0 260	Joint presque parfait	id.
	8 103 { 3	232 290		0 120		Usure 2 ^{m/m}	id.
	9 104	232 040			0 250	Usure accentuée 3 ^{m/m}	id.
	10 105	231 710		232	0 330	id. 3 ^{m/m}	id.
	11 106	231 385			0 325	id. 3 ^{m/m}	id.
1 ^{er} Septembre 1911 (soir). — N° 20	1 107	231 050	231		0 335	Légère usure 1 ^{m/m}	id. plus bréchoïde.
	2 108	230 940		0 110		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	3 109	230 845		0 095		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	4 110	230 795		0 050		Usure accentuée 3 ^{m/m}	id. id.
	5 111	230 670		0 125		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	6 112	230 530		0 140		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	7 113	230 270		0 260		Usure 2 ^{m/m}	id. très bréchoïde.
	8 114	230 110		0 160		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	9 115	230 065		0 045		Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	10 116	229 660		230	0 405	Usure 2 ^{m/m}	id.
	11 117	229 460			0 200	Usure 2 ^{m/m}	id. plus compact.
	12 118 { 1	229 285			0 175	Joint parfait	id. id.

Ensemble des couches W, W', W'', Y, Y'

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR				
				des morceaux	des carottes			
2 Septembre 1911. — N° 21	118 } 2	229 285		0 055	0 230	Légère usure 1 ^{m/m}	Calc. oolithique gris, plus compact.	
		229 230						
	119 } 1	229 180		229	0 525	0 375	Joint parfait	id. id.
		228 655						
	120	228 575		228	0 635	0 080	Usure 2 ^{m/m} 1/2	id. id.
	121	227 920						
	122	227 235		227	0 390	0 685	Usure 2 ^{m/m} 1/2	id. id. saut à la base.
	123	226 845						
	124	226 725		226	0 350	0 120	Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	125	226 615						
	126	226 320		226	0 350	0 295	Usure 2 ^{m/m}	id. bréchoïde.
127	225 970							
4 Septembre (mat.). — N° 22	128 } 2	225 870	225	0 275	1 095	Joint parfait	id. id.	
		225 595						
	129 } 3	224 875		0 720	0 335	0 335	Légère usure 1 ^{m/m}	id. id.
		224 540						
	130	224 295		224	0 435	0 245	Usure 2 ^{m/m}	id. id.
	131	223 860						
4 Septembre (soir). — N° 23	132 } 1	223 765	223	0 095	0 205	Usure 2 ^{m/m}	id. id.	
		223 560						
	133 } 2	223 340		0 205	0 815	0 220	Usure 2 ^{m/m}	id. id.
		223 135						
	134	223 135		223	0 815	0 100	Usure 2 ^{m/m} 1/2	id. id.
	135	222 320						
	136	222 220		222	0 170	0 140	Usure 2 ^{m/m} 1/2	id. id.
137	222 080							
N° 24	139 } 1	221 910	222	0 395	0 565	Joint parfait	A 221,94 changement de sédimentation qui devient purement calcaire.	
		221 515						Usure accentuée 3 ^{m/m}	Roche plus claire.

En morceaux

Ensemble des couches W, W', Y, Y'

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DEFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR					
				des morceaux	des carottes				
5 Septembre 1911. — N° 24	140	221 313	221	0 180	0 265	Joint presque parfait	Roche plus claire.		
		221 335					id.		
		221 250					Usure accentuée 3 ^{m/m}		
	5	141	220 860			id.	3 ^{m/m}	La roche devient plus grise à 221	
	6	142	220 300	220	0 560	0 240	Joint presque parfait	reapparition d'apport sableux hauteriviens.	
	7		220 060					Calc. oolith. gris-foncé, bréchoïde.	
	8		219 925					id.	id.
	1		219 885					id.	id.
6 Septembre 1911 (matin). — N° 25	142	219 780	219	0 135	1 335	id. éclats manquants d'un côté	id.		
		2					219 885	id.	id.
		3					219 780	id.	plus compact.
	4	143	219 525	219	0 255	Légère usure 1 ^{m/m} En 2 morceaux ficelés et deux autres fortement usés	Calc. oolithique plus compact et plus clair.	id.	
	5		219 460					Usure accentuée 3 ^{m/m}	
	6		219 065					Usure 2 ^{m/m}	
	7		218 853					Usure 2 ^{m/m}	
	6 Septembre (soir). N° 26	146	218 565	218	0 290	0 475	Joint parfait	Calc. oolith. à apports sableux abondants.	
8			218 455					id.	
1			218 380					Usure 2 ^{m/m}	
6		147	217 615	218	0 765	0 320	Usure 2 ^{m/m}	id. bréchoïde, plus sableux à la base.	
			2					217 295	Usure 2 ^{m/m}
			3					216 830	Usure 2 ^{m/m}
			4					216 830	Usure 2 ^{m/m}
7 Septembre 1911. — N° 27		130	216 830	217	0 045	0 370	Joint parfait	Calc. oolith. à apports sableux abondants.	
	2		216 785					id.	
	131	3	216 460	217	0 325	0 210	Légère usure	id.	
			3					216 250	Joint parfait
			4					216 235	id.
			5					216 235	id.
			6					216 200	id.
			7					216 153	id.
7	3	216 200	217	0 035	0 440	id.	id. cristaux de calcite.		
		4					216 200	id.	
8	6	216 120	217	0 045	0 035	Joint presque parfait	Calcaire oolithique gris-foncé.		
		216 120					id.		
8	6	216 020	217	0 100		Légère usure 1 ^{m/m}	id.		

Ces sédiments
arcénacés sont
siliceux.

Couche Z

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR			
				des morceaux	des carottes		
7 Septembre 1914. — N° 27	152	216 020	216	0 070	0 133	Joint parfait	Calc. oolith. gris, apports sableux. id.
		215 950						0 065	Très légère usure 1/2 m/m
	153	215 885		0 215	0 315	Joint parfait	Calc. oolith. plus clair au centre de la carotte. Calc. oolith. plus pur, fissures colmatées.
		215 670						0 100	Légère usure 1 m/m
	154	215 570		0 095	0 135	Joint presque parfait	id. id.
		215 475						0 040	Légère usure 1 m/m
	155	215 435		0 105		id. 1 m/m	id. apports sableux.
	156	215 330		0 155			id.
		215 175				Cassure nette	Zone plus calcaire et plus claire.

Couche Z

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	5
BIBLIOGRAPHIE	6
<i>Fig. 1. — Le cañon du Rhône à l'emplacement du barrage.</i>	7
CHAPITRE I. — Le cours du Rhône et les projets d'aménagement.	
I. — Description sommaire du cours du Haut-Rhône de la frontière en aval de Bellegarde	7
<i>Fig. 2. — Carte de la région du Haut-Rhône.</i>	8
<i>Fig. 3. — Passerelle sous Arlod.</i>	9
II. — Hydrologie du Rhône	10
III. — Les projets d'utilisation du Rhône pour la force et la navigation	11
IV. — Avantages de la retenue	11
V. — Conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage	13
<i>Fig. 4. — Le Défilé de l'Ecluse.</i>	16
CHAPITRE II. — La constitution géologique des parois du bief.	
I. — La région amont et le défilé du Fort de l'Ecluse	16
<i>Fig. 5-6. — Profil en long du Haut-Rhône français et plan d'ensemble de la retenue.</i>	18
II. — Du défilé de l'Ecluse à la perte du Rhône	19
III. — Dispositions tectoniques de la région aval	20
<i>Fig. 7. — La perte du Rhône.</i>	20
<i>Fig. 8. — Coupe géologique du cours du Rhône à la hauteur de Génissiat.</i>	21
IV. — Le cañon est une vallée d'érosion	22
<i>Fig. 9. — Vue schématique du cañon du Rhône à Génissiat, montrant la disposition des couches.</i>	23
V. — Imperméabilité du cañon urgonien	25
<i>Fig. 10. — La cascade du moulin Gabet.</i>	26
A. — Sources de la rive droite	26
B. — Sources de la rive gauche	27
C. — Diaclases	27
VI. — Conséquences actuelles et conséquences d'avenir	27
VII. — L'hypothèse de l'existence de diaclases longitudinales dans le lit du fleuve.	29
<i>Fig. 11. — La passe de Monthoux.</i>	30
<i>Fig. 12-16. — Schéma expliquant l'évolution du cañon du Rhône.</i>	31
<i>Fig. 17. — Schéma montrant la formation des contrepentes rocheuses du lit d'un fleuve.</i>	33
<i>Fig. 18. — Le naufrage du ponton, crue du 6 octobre 1909.</i>	34

CHAPITRE III. — Etude du site de Génissiat au point de vue géologique.	
I. — Introduction	34
II. — De la numérotation des couches et de leurs résistances diverses à l'érosion	35
III. — Etude du lit rocheux du fleuve.....	36
<i>Fig. 19. — Sondage au rail dans le lit du Rhône.....</i>	37
<i>Fig. 20. — Sondage au rail en temps de grosse crue.....</i>	39
IV. — Etude des parois immergées (sondages au diamant)	39
A. — Utilité.....	39
B. — Installation.....	40
<i>Fig. 21. — Sondage au diamant</i>	40
<i>Fig. 22. — Sondage au diamant, la machinerie</i>	41
C. — Résultats des sondages au diamant.....	42
D. — Analyse des résultats des sondages au diamant.....	52
1 ^o Absence de vides horizontaux.....	52
2 ^o Vides obliques	53
3 ^o Présence d'argile résiduaire.....	53
4 ^o Résistance des roches rencontrées à l'écrasement.....	54
5 ^o Comparaison des quatre sondages au diamant.....	55
V. — Etude des parois émergées	61
VI. — Etude du canal de fuite	65
<i>Fig. 23. — Parement de la rive droite du canal de fuite</i>	66
<i>Fig. 24. — Parement de la rive gauche du canal de fuite.....</i>	67
<i>Fig. 25. — Le viaduc de Longeray.....</i>	69
CHAPITRE IV. — L'avenir du lac de Génissiat.	
I. — Le colmatage du bief.....	69
<i>Fig. 26. — Schéma de l'alluvionnement lacustre.....</i>	70
II. — Les matières en suspension en 1890.....	71
III. — Répartition des matières en suspension d'après le débit.....	74
<i>Fig. 27. — Diagramme des matières en suspension dans le Rhône à Génissiat, en fonction du débit.....</i>	76
IV. — Pluviométrie de l'année 1890 et cube moyen des matières en suspension.....	77
V. — La décantation des matières en suspension.....	78
VI. — Le transport de l'alluvion sur le fond du lit.....	79
VII. — La lutte contre l'alluvionnement du lac.....	84
<i>Fig. 28. — Passe de Malpertuis en été.....</i>	87
CHAPITRE V. — Observations sur les emplacements de Bellegarde et de Malpertuis.	
I. — Le barrage projeté de Bellegarde.....	87
<i>Fig. 29. — Coupe détaillée des assises crétacées de la Perte du Rhône, d'après E. Renevier</i>	89
II. — Le barrage projeté de Malpertuis.....	89
<i>Fig. 30. — Le château de Génissiat.....</i>	92
CHAPITRE VI. — Discussion des opinions opposées à la construction du barrage de Génissiat.....	
<i>Fig. 31. — Maquette des ouvrages projetés à Génissiat</i>	95
CHAPITRE VII. — Conclusions	
	95

SONDAGES GÉOLOGIQUES

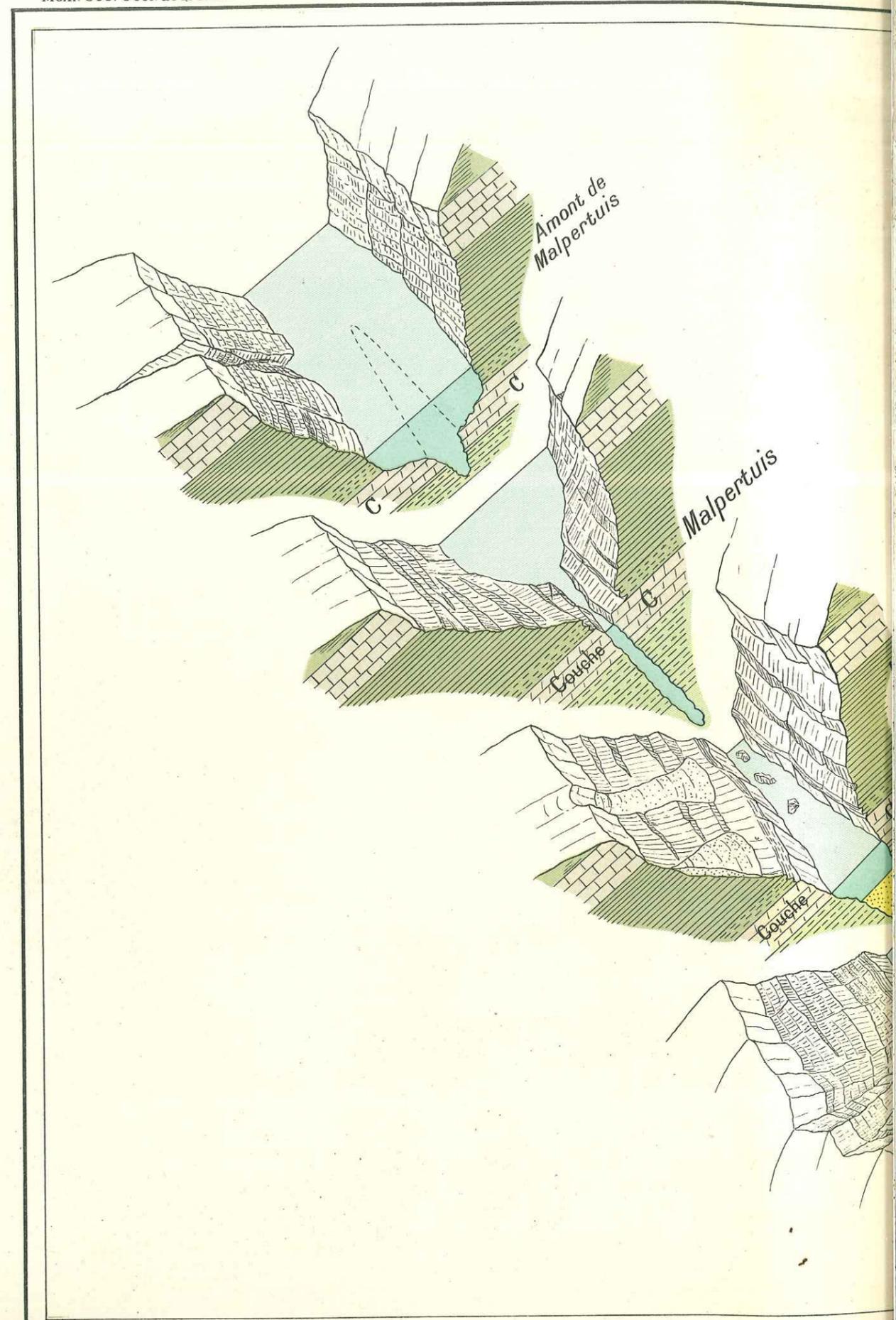
JOURNAUX DE SONDAGES.

<i>Sondage n° 1.</i> — Parement amont. — Rive droite	98
<i>Sondage n° 2.</i> — Parement aval. — Rive gauche	108
<i>Sondage n° 3.</i> — Parement amont. — Rive gauche	117
<i>Sondage n° 4.</i> — Parement aval. — Rive droite	125

PLANCHES HORS TEXTE

Planche I. — Esquisse perspective du cañon du Rhône de Malpertuis à Génissiat (*en couleurs*).

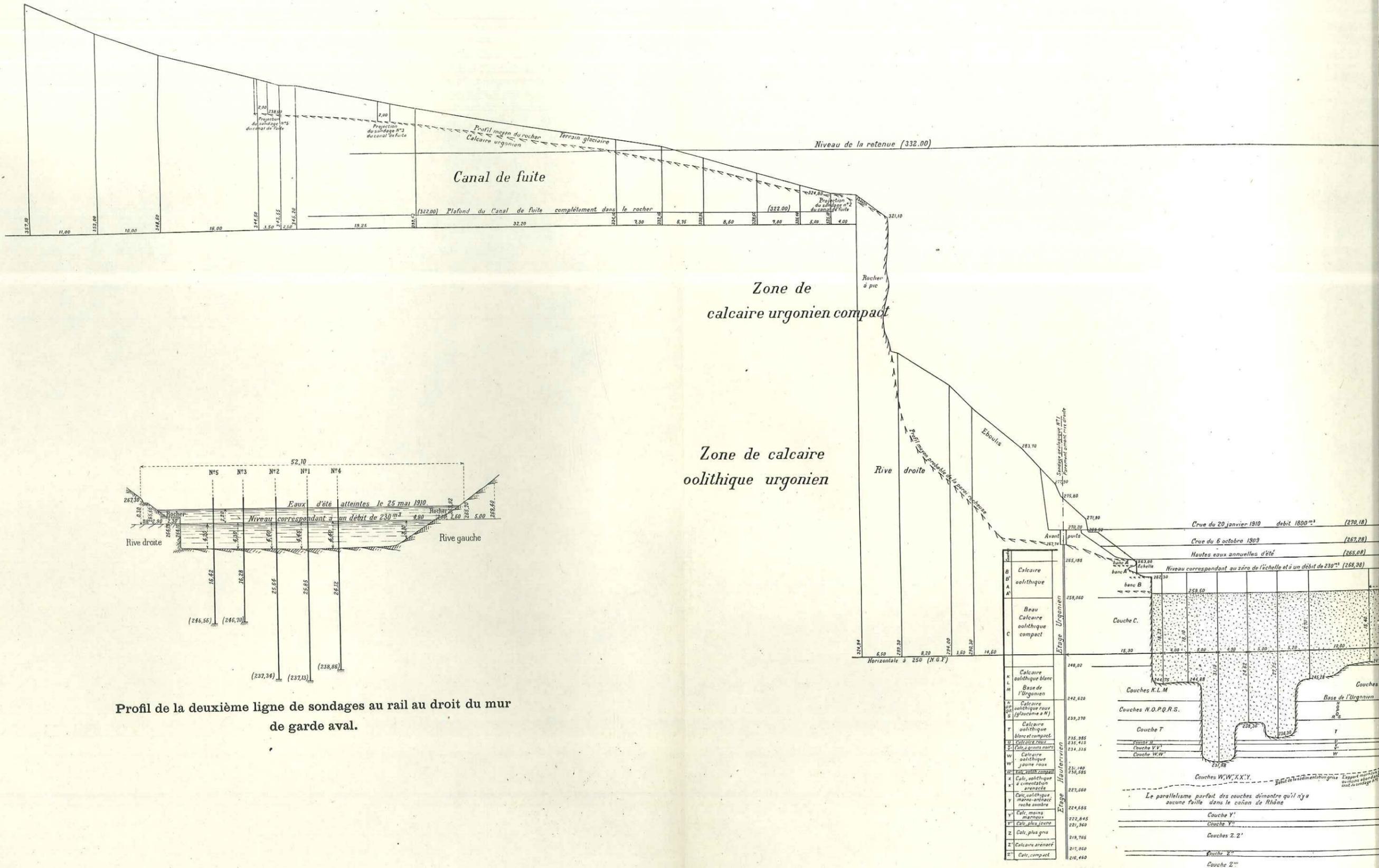
- II. — Coupe transversale du cañon du Rhône à l'emplacement du barrage projeté, avec détails des sondages au rail et au diamant et du canal de fuite.
- III. — Plan général et coupe longitudinale des ouvrages projetés à Génissiat.
- IV. — *Vues photographiques.* — La Glière.
— — — — — Diaclase oblique au cañon de Malpertuis.
- V. — — — — — Diaclases transversales au cañon à Malpertuis.
- VI. — — — — — Rapides de Malpertuis.
— — — — — Etroit de Malpertuis.
- VII. — — — — — Etroit de la Valserine.
— — — — — Etroit de Monthoux.



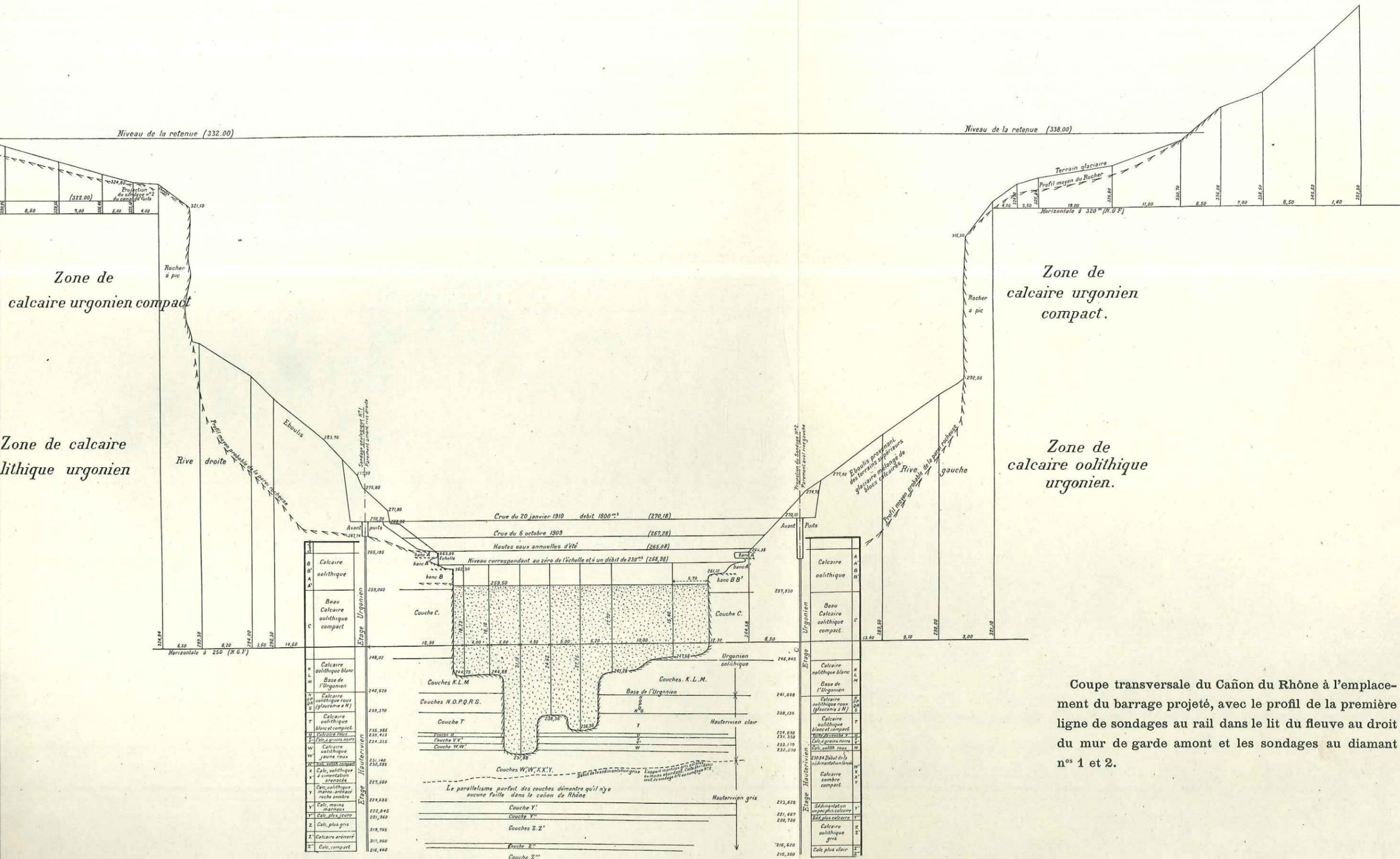
ESQUISSE PERSPECTIVE
 DU
CAÑON DU RHÔNE
 DE MALPERTUIS A GÉNISSIAT

— — — — —
*Les largeurs du fleuve et ses profondeurs
 sont à la même échelle.
 Les profondeurs sont théoriques à l'exception
 de celles de Génissiat.*
 — — — — —

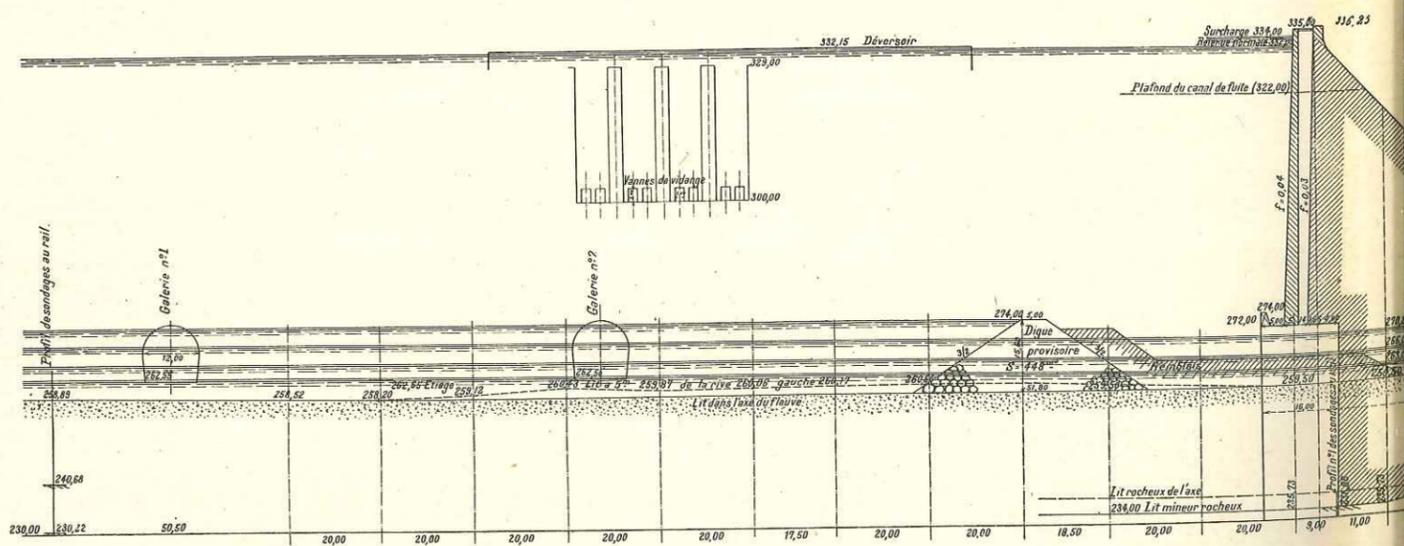
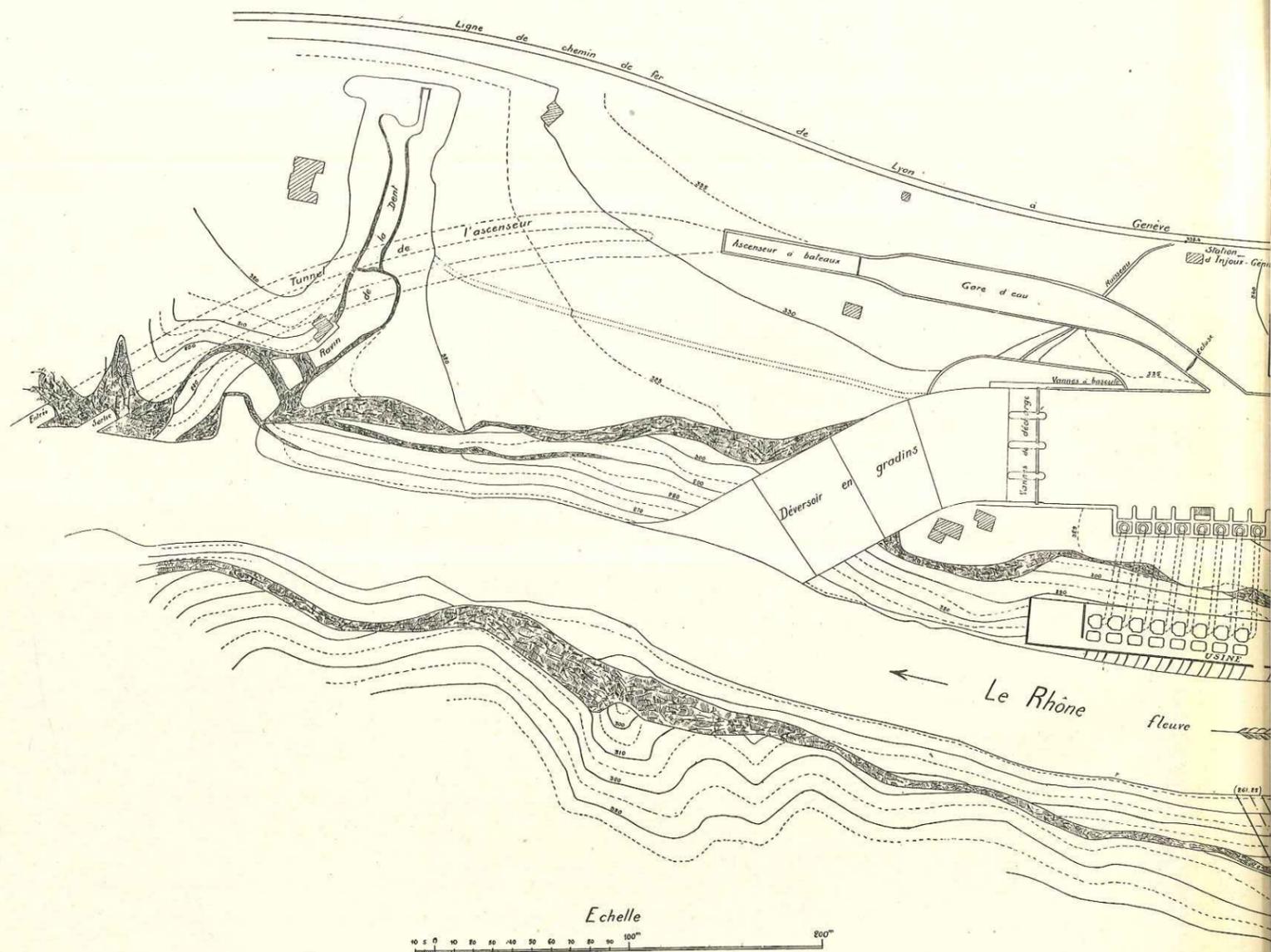




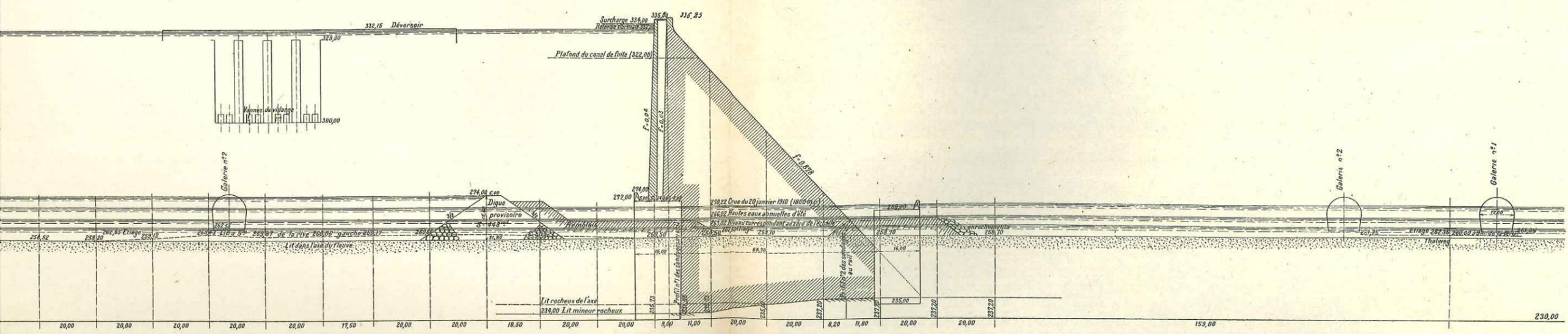
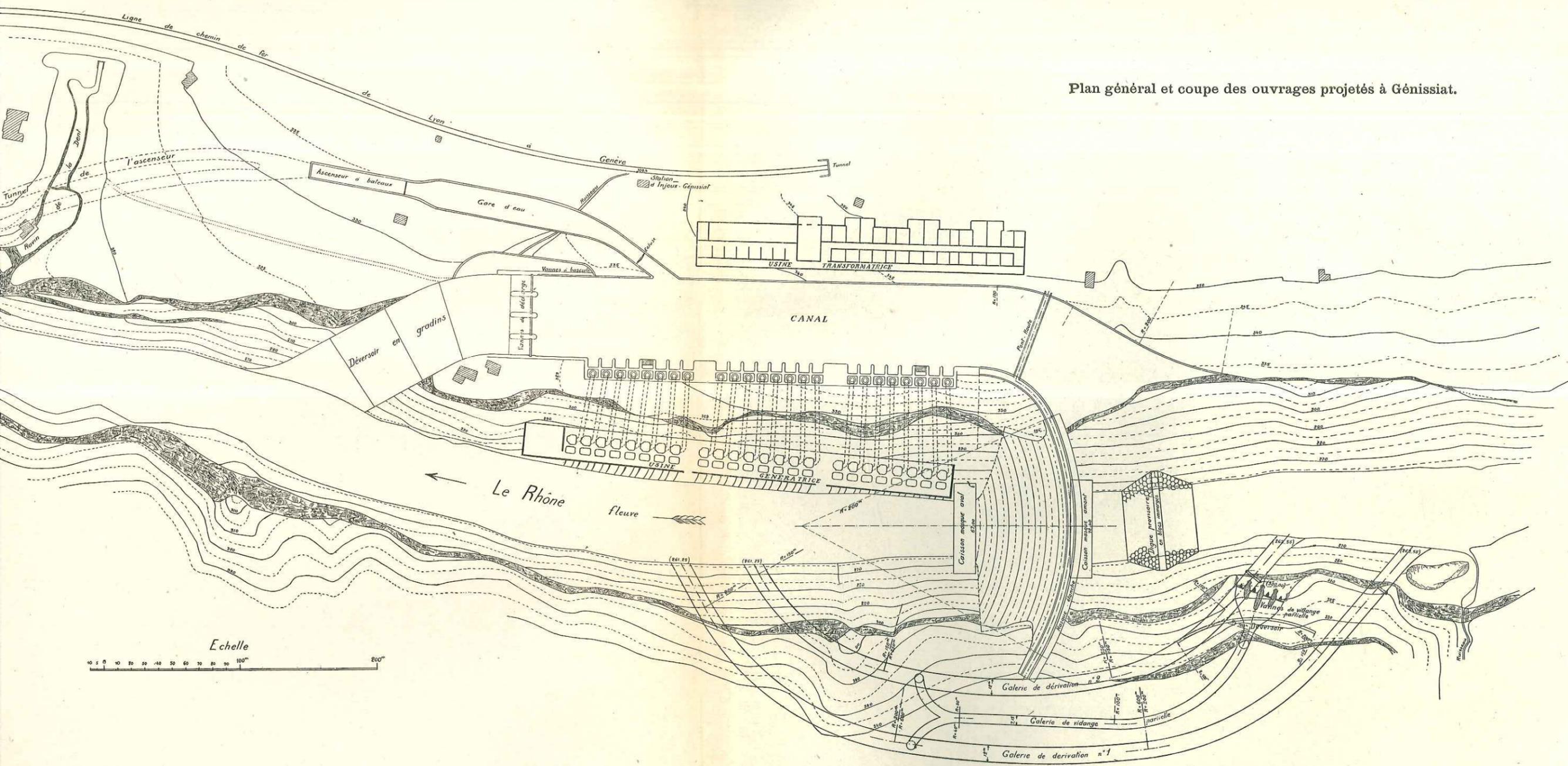
Profil de la deuxième ligne de sondages au rail au droit du mur de garde aval.



Coupe transversale du Cañon du Rhône à l'emplacement du barrage projeté, avec le profil de la première ligne de sondages au rail dans le lit du fleuve au droit du mur de garde amont et les sondages au diamant nos 1 et 2.



Plan général et coupe des ouvrages projetés à Génissiat.



La Glière

Vue prise du Paradis, de l'aval vers l'amont

Au fond du cañon, on aperçoit la petite chute de la Glière,
qui se trouve en aval de Malpertuis

**Diaclase bâillante, oblique au canon,
à Malpertuis**

La cassure coupe la surface de la couche C
en amont de l'Étroit

Photographie prise de l'aval vers l'amont



RIVE DROITE.

RIVE GAUCHE.



DIACLASE.

MÉMOIRE N° 8 — PLANCHE V

**Diaclase bâillante
à Malpertuis**

Elle coupe transversalement l'Étroit

Photographie prise de la rive droite

**Faille bâillante
à Malpertuis**

La cassure coupe transversalement l'Étroit ;
elle se prolonge dans la paroi du cañon

Photographie prise de la rive droite



LÈVRE AFFAÎSSÉE

LÈVRE SOULÉVÉE

AMONT

FAILLE

AVAL

MEMOIRE N° 8. — PLANCHE VI

Rapides de Malpertuis

en amont de l'Étroit

Étroit de Malpertuis

aux basses eaux

Photographie prise de l'amont vers l'aval

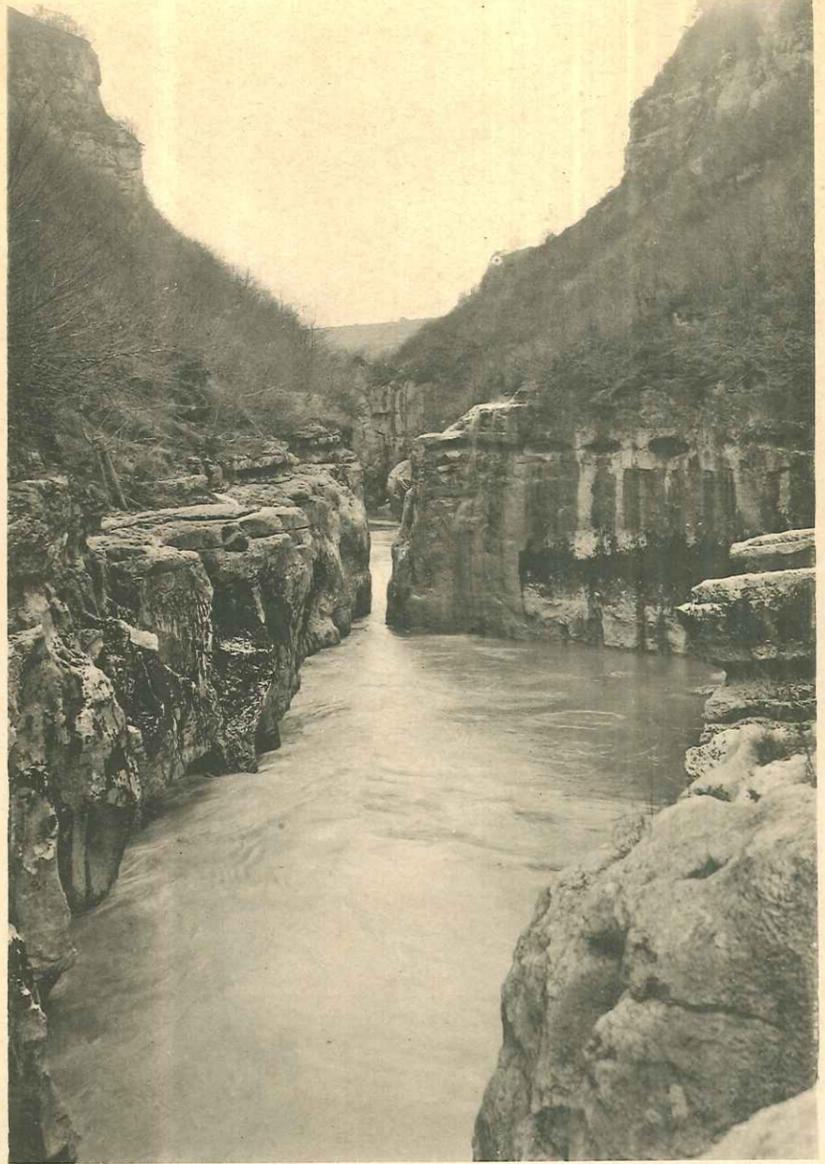
Bull. Soc. géol. de France.

Mém. n° 8; Pl. VI

Géologie; S. 4; T. II; Pl. xiii.



RIVE DROITE.



RIVE GAUCHE.

B
B'
C

MÉMOIRE N° 8. — PLANCHE VII

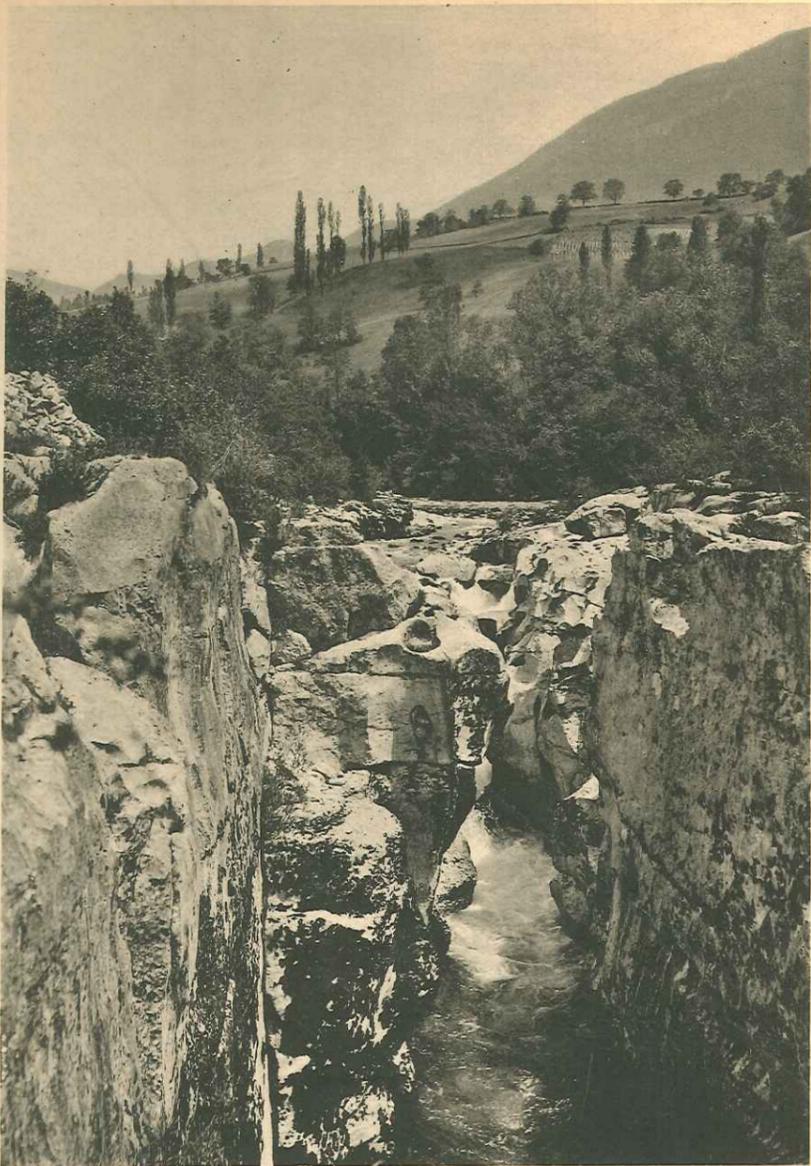
Etroit de la Valserine
en amont du pont

Vue prise vers l'amont

Vue montrant l'indépendance du lit et d'une diaclase

Etroit de Monthoux

Vue prise de l'amont vers l'aval



RIVE DROITE.

DIACLASE.

RIVE GAUCHE.

Tome VIII (1863-1868). Complet...... Fr. 24
1. TERQUEM et PIETTE. — Le Lias intérieur de l'Est de la France, comprenant la Meurthe, la Moselle, le Grand-Duché de Luxembourg, la Belgique et la Meuse. 176 p., 18 pl. (Fr. 12). — 2. F. BROSSARD. Essai sur la constitution physique et géologique des régions méridionales de la subdivision de Sétif (Algérie). 114 p., 3 pl. (Fr. 4). — 3. G. DE SAPORTA. Prodrôme d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne. 150 p., 15 pl. (Fr. 8).

Tome IX (1871-1873). Complet...... Fr. 24
1. TERQUEM et JOURDY. Monographie de l'étage bathonien dans le département de la Moselle. 176 p., 15 pl. (Fr. 10). — 2. G. COTTEAU. Notice sur le genre *Asterostoma*. 8 p., 2 pl. (Fr. 1). — 3. H. MAGNAN. Mémoire sur la partie inférieure du terrain de craie des Pyrénées françaises et des Corbières. 82 p., 2 tabl., 2 pl. (Fr. 4). — 4. A. TOUCAS. Sur les terrains créacés des environs du Bausset (Var) 66 p., 1 carte (Fr. 4). — 5. P. GERVAIS. Mémoire sur plusieurs espèces de Mammifères fossiles propres à l'Amérique méridionale. 44 p., 9 pl. (Fr. 6).

Tome X (1874-1877). Complet...... Fr. 24
1. H. MAGNAN. Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques et les terrains qui les renferment. Remarques sur la formation des montagnes pyrénéennes et corbiérennes, et notamment sur l'importance des failles et des érosions (Mémoire posthume). 112 p., 4 pl. (Fr. 6). — 2. H.-E. SAUVAGE. Mémoire sur les Dinosaures et les Crocodiliens des terrains jurassiques de Boulogne-sur-Mer. 64 p., 6 pl. (Fr. 6). — 3. TERQUEM et BERTHELIN. Etude microscopique des marnes du Lias moyen d'Essey-lez-Nancy, zone inférieure de l'assise à *A. margaritatus*. 136 p., 10 pl. (Fr. 6). — 4. H. ARNAUD. Mémoire sur le terrain créacé du sud-ouest de la France. 110 p., 3 tabl., 8 pl. (Fr. 8).

Troisième Série (1877-1890)

Tome I (1877-1880). Complet...... Fr. 24
1. H.-E. SAUVAGE. Mémoire sur les *Lepidotus maximus* et *L. palliatus*, 30 p., 2 pl. (Fr. 4). — 2. P. FISCHER. Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër). 78 p., 3 pl. (Fr. 6). — 3. O. TERQUEM. Les Foraminifères et les Entomostracés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes. 136 p., 14 pl. (Fr. 6). — 4. H.-E. SAUVAGE et F. LIÉNARD. Mémoire sur le genre *Machimosaurus*. 32 p., 4 pl. (Fr. 4). — 5. BERTHELIN. Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Moncley (Doubs). 84 p., 2 tabl., 4 pl. (Fr. 6).

Tome II (1881-1882). Complet...... Fr. 24
1. D. OEHLERT. Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France. 38 p., 6 pl. (Fr. 6). — 2. J. DE MORGAN. Mémoire sur les terrains créacés de la Scandinavie. 48 p., 2 pl. (Fr. 4). — 3. TERQUEM. Les Foraminifères de l'Eocène des environs de Paris. 104 p., 20 pl. (Fr. 10). — 4. H.-E. SAUVAGE. Recherches sur les Reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris. 42 p., 4 pl. (Fr. 4).

Tome III (1883-1885). Complet...... Fr. 24
1. COSSMANN et LAMBERT. Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes. 188 p., 1 tabl., 6 pl. (Fr. 10). — 2. Ph. THOMAS. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie. 34 p., 1 tabl., 5 pl. (Fr. 4). — 3. COSSMANN. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes). 374 p., 18 pl. (Fr. 12).

Tome IV (1885-1887). Complet...... Fr. 30
1. TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à *Am. Parkinsoni* de Fontoy (Moselle) 46 p., 6 pl. (Fr. 4). — 2. TERQUEM. Les Entomostracés Ostracodes du Fuller's Earth des environs de Varsovie. 112 p., 12 pl. (Fr. 6). — 3. C. GRAND'EURY. Formation des couches de houille et du terrain houiller 196 p., 10 pl. (Fr. 20).

Tome V (1888-1890). Complet...... Fr. 30
1. H. FILHOL. Etudes sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude). 186 p., 21 pl. (Fr. 16). — 2. G. COTTEAU. Echinides éocènes de la province d'Alicante (deux parties) 107 p., 16 pl. (Fr. 14).

Quatrième Série (en cours)

Tome I. (1903-1914). Complet...... Fr. 40
1. A. DOLLOT, P. GODBULE et G. RAMOND. Les grandes plâtrières d'Argenteuil (Seine-et-Oise). Historique, genèse et distribution des formations gypseuses de la région parisienne. 48 p., 7 fig., 4 pl. (Fr. 5). — 2. P.-L. PREVER. Aperçu géologique sur la colline de Turin. 48 p., 7 fig., 1 carte (Fr. 8). — 3-4-5 G. ZEIL. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. H. LANTENOIS. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. René DE LAMOTHE. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos. 80., 1 pl., 3 cartes (Fr. 12). — Général DE LAMOTHE. Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. 288 p., fig., 3 pl., 1 carte. (Fr. 15).

Tome II. (1912).
1. Léon CAREZ. Résumé de la géologie des Pyrénées françaises. 132 p., fig., 1 pl. et 6 cartes en couleurs (Fr. 15). — 2. Maurice LUGÉON. Etude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français, à Génissiat (près de Bellegarde). 136 p., 31 fig., 3 pl. de plan et coupes, 4 pl. de vues.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Secrétariat et Bibliothèque : 28, rue Serpente, Paris, VI

L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le Sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

Pour faire partie de la Société, il faut : soit se faire présenter par deux de ses membres, soit adresser une demande au Secrétariat.

Chaque membre paye : 1° un droit d'entrée de 20 francs ; 2° une cotisation annuelle de 30 francs. La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement unique de la somme de 400 francs.

Sont Membres à perpétuité les personnes qui ont donné ou légué à la Société un capital dont la rente représente au moins la cotisation annuelle (minimum : 1.000 francs).

Exceptionnellement, sur la demande de leurs parrains, les nouveaux membres peuvent n'acquitter, la première année, que leur droit d'entrée, en versant la somme de 20 francs. Le Compte Rendu sommaire des séances de l'année courante leur est envoyé gratuitement ; mais ils ne reçoivent le Bulletin que la deuxième année et doivent alors payer la cotisation de 30 francs. Ils jouissent, d'ailleurs, des autres droits des membres de la Société.

La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet. Elle se réunit deux fois par mois : en général, le premier lundi, à 8 h. 1/2 du soir et le troisième lundi à 3 heures.

Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être accompagnées chaque fois par un de ses membres.

Les membres de la Société ne peuvent lire devant elle aucun ouvrage déjà imprimé. Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

Chaque année, de juillet à novembre, la Société tient une ou plusieurs séances extraordinaires sur un point qui aura été préalablement déterminé (Excursions en France ou à l'Étranger). D'autres excursions sont organisées, s'il y a lieu, au cours de l'année.

Les membres reçoivent gratuitement le Compte Rendu sommaire de chaque séance (1 vol. annuel, 8°, d'environ 200 pages).

De plus, le Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre (1 volume annuel, 8°, d'environ 800 pages, avec cartes, planches, vues. Prix en librairie : 30 francs).

Les membres n'ont droit de recevoir que les volumes des années du Bulletin pour lesquelles ils ont payé leur cotisation. Toutefois, les volumes correspondant aux années antérieures à leur entrée dans la Société leur sont cédés avec une remise de 50 0/0.

Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais des tirages à part des notes publiées au Compte Rendu sommaire et au Bulletin.

La Société publie également des Mémoires de Géologie (4°) et des Mémoires de Paléontologie (4°), qui sont vendus aux membres de la Société avec une réduction de 20 à 50 0/0 sur les prix de librairie.

Une bibliothèque considérable est à la disposition des membres de la Société tous les après-midi. Elle renferme les traités usuels anciens et modernes, plus de 20.000 ouvrages, brochures, atlas, etc., et le plus grand nombre des périodiques, français et étrangers, intéressant la géologie. Les volumes peuvent en être empruntés par tous les membres de la Société, moyennant une légère rétribution destinée à solder les frais de manutention et d'expédition.

Pour renseignements, s'adresser au Secrétariat, 28, rue Serpente, Paris (VI).