

**Zeitschrift:** Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 12 (1919-1920)  
**Heft:** 7-8  
  
**Artikel:** L'aménagement du Rhône  
**Autor:** Honoré, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920647>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.12.2025

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

derseits aber gibt es solches auch wieder in reichem Masse zurück durch die Möglichkeit, die niedrigen Ufergelände von Widtrach bis Rubigen-Belp-Bern, infolge der Wasserableitung aus der Aare, trocken zu legen.

Die Schiffsverkehrsinteressen Berns sind indessen so gross, dass alle Schwierigkeiten überwunden werden müssen, die dem Projekt entgegenstehen. Vor einer Konzessionserteilung an der oberen Aare zur Erstellung von Wasserwerken sind diese Verhältnisse festzustellen. Die Stadt Thun sodann wird sich die Frage sofort vorlegen müssen, wie sich die in Aussicht genommenen Bauten dem Grossschiffsverkehrsproblem einfügen lassen, es ist für die Stadt eine Entwicklungs- und Zukunftslebensfrage.



### L'aménagement du Rhône.<sup>1)</sup>

La navigation. — Les irrigations. — L'énergie électrique.

Le Parlement vient d'adopter un projet de loi fixant le programme général des travaux d'aménagement du Rhône „de la frontière suisse à la mer, au triple point de vue de l'énergie électrique, de la navigation et des irrigations ou autres utilisations agricoles“. Il s'agit donc d'un aménagement intégral, dont les grandes lignes seules sont précisées, les détails d'exécution devant être réglés par de simples décrets rendus en Conseil d'Etat. La dépense totale, qui ressort à 900 millions aux prix d'avant-guerre, est évaluée à 2500 millions.

Ce projet gigantesque apparaît d'abord très séduisant; il devait fatalement enthousiasmer des ingénieurs et des entrepreneurs éminents, toujours avides d'entrer en lutte avec les grandes forces naturelles pour les dompter à notre profit; il devait aussi grouper, à côté des industriels et des parlementaires riverains, plusieurs de nos sommités économiques, en tête desquelles j'aperçois M. Artaud, président de la Chambre de commerce de Marseille, qui sut toujours envisager avec une compétence et une largeur d'esprit remarquables l'avenir de notre grand port méditerranéen. Le programme rompt avec le système des petits paquets et des expédients provisoires, cher à nos administrations; il forme un tout indivisible conçu en vue de tirer du fleuve le rendement maximum, les exploitations rémunératrices étant appelées, dans l'intérêt général, à atténuer les charges des entreprises déficitaires. Les travaux prévus pour améliorer la navigabilité du Rhône et pour irriguer les terres incultes de sa vallée sont, en effet, conjugués avec ceux, plus rémunérateurs, de l'aménagement hydraulique.

La question est fort complexe, assez embrouillée parfois. Elle repose en partie sur des éventualités, en partie sur des chiffres, dont certains présentent une élasticité indéterminée. Je me garderai dès lors de traiter le sujet à fond, soit au point de vue technique, soit au point de vue financier. Je me contenterai d'en résumer les grandes lignes, en toute impartialité, mais en notant cependant les réserves qui s'imposent à tout esprit indépendant. Et bien que l'aménagement hydraulique constitue le point capital du programme, je crois préférable, pour la clarté de mon discours, de m'occuper d'abord de la navigation et des irrigations.

#### La navigation du Rhône.

Au point de vue de la navigabilité le Rhône est un fleuve terrible. Il prend sa source dans le Valais, à l'altitude de 1752 mètres, et, après avoir recueilli les eaux de nombreux glaciers, il traverse le lac Léman d'où il sort à l'altitude de 372 mètres. Il reçoit alors l'Arve, chargée des limons du Mont Blanc, puis pénètre dans des gorges pittoresques où l'on rencontre des chutes infranchissables en leur état actuel: sur une longueur de 27 kilomètres, entre la frontière suisse et Château-du-Parc, la dénivellation atteint environ 72 mètres.

<sup>1)</sup> Dank dem Zuvorkommen der Redaktion können wir aus der vorzüglichen Zeitschrift „L'Illustration“ in Paris vom 25. Oktober 1919 die interessante Arbeit über den Wasserwirtschaftsplan der Rhone zwischen dem Meer und dem Genfersee zum Abdruck bringen.

Au Château-du-Parc, près de Seyssel, à 154 kilomètres en amont de Lyon, la navigation devient possible, mais elle est à peu près nulle (17.000 tonnes en 1913).

De Lyon à la mer le trafic se heurte à des difficultés de navigation insoupçonnées des profanes, et que, depuis plus d'un siècle, on tente périodiquement de résoudre au moyen de travaux partiels dont les résultats paraissent assez modestes.

La section de 48 kilomètres entre Arles et le port maritime de Saint-Louis-du-Rhône présente, il est vrai, une voie excellente, à laquelle sera bientôt substituée une voie encore meilleure, déjà presque achevée. Le tunnel du Rove, l'étang de Caronte, le canal d'Arles et les canaux de raccordement forment une voie de 82 kilomètres reliant directement Marseille au Rhône, qui permettra aux péniches et aux chalands d'accoster aux quais de la Joliette ou du bassin Wilson. En même temps les navires de haute mer pourront gagner l'étang de Berre, rade de 20.000 hectares, abritée contre les vents du large, avec des fonds de 9 mètres.

La section de 285 kilomètres, entre Arles et Lyon, présente un tout autre caractère. Le manque d'eau, l'étroitesse du chenal, la brusquerie des tournants, la violence des courants rendent la navigation difficile et coûteuse. En certains points, le tirant d'eau peut s'abaisser à 1 m. 40, et le chenal mesure à peine 80 mètres de largeur; ailleurs ce chenal est tellement sinueux que les compagnies de navigation ont dû établir des postes de signaux. Enfin on trouve des pentes quintuples, même octuples de celles des grands fleuves navigables, et la vitesse du courant dépasse parfois 4 mètres par seconde. La navigation de nuit est impossible.

Dans ces conditions un remorqueur de 750 chevaux effectifs en travail normal, et capable d'en donner 1000 sur les rapides, traîne une barque entre le confluent de l'Isère et celui de l'Ardèche, deux entre l'Isère et Lyon, trois en aval de l'Ardèche. Ces barques, prévues pour 350 tonnes, en portent 300 à la montée et 200 à la descente.

Les prix du transport sont, dès lors, très élevés, sensiblement égaux, voire supérieurs, à ceux de la voie ferrée. D'après M. Souleyre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, au cours du charbon avant la guerre le prix de revient de la tonne kilométrique approchait de 20 millimes, bien supérieur au prix de revient de la tonne kilométrique de marchandises pauvre sur bonne voie ferrée en plaine, qui était de 12 à 13 millimes. Encore est-ce une moyenne, montée et descente comprises. A la montée, les prix atteignaient environ 17 millimes au-dessous de l'Ardèche, 47 entre l'Ardèche et l'Isère, 25 entre l'Isère et Lyon.

(Sur le canal du Rhin à Hanovre, entre l'Ems et le Weser, section choisie comme exemple par le rapporteur du projet de loi, la tonne kilométrique, avec chalands de 600 tonnes, revenait à 5 millimes avant la guerre.)

En raison des prix élevés le trafic du Rhône, montée et descente comprises, atteignait péniblement 350.000 tonnes. Cette voie de transport était fort inférieure à la voie ferrée.

#### Les conséquences de l'aménagement.

M. Léon Perrier, député de l'Isère, estime que l'aménagement du fleuve et l'emploi de la traction électrique permettraient d'abaisser le prix de revient de la tonne kilométrique à 5 millimes et demi, soit une économie de 7,5 millimes sur le chiffre de 13 millimes, prix de revient admis pour la voie ferrée. Et, comme entre Lyon et la mer la voie navigable serait aussi courte que le chemin de fer, l'auteur admet qu'elle prendrait les trois quarts du tonnage total de la vallée, soit 3 millions de tonnes. Son hypothèse s'appuie sur les résultats du trafic entre le Havre et Paris; la voie d'eau accapare ici la moitié du tonnage, bien qu'elle allonge considérablement le parcours et qu'elle comporte un tarif d'environ 10 millimes, supérieur à celui envisagé pour le Rhône futur.

L'économie de 7 millimes 5 par tonne kilométrique représente 7500 francs par kilomètre pour 1 million de tonnes et 22.500 francs pour 3 millions. Si nous supposons que toutes les marchandises effectueront le maximum de parcours, 285 kilomètres entre Arles et Lyon, disons 300 en chiffre ronds, l'économie totale réalisée atteindrait  $22\,500 \times 300 = 6.750.000$ , dont bénéficieraient le commerce et l'industrie, et, en dernière analyse, le contribuable.

Ce bénéfice paraît minime, en regard des trois ou quatre cents millions auxquels on évalue la part de dépenses afférente à la navigation. Mais il y a lieu de remarquer que la voie navigable, en dégagant la voie ferrée de 3 millions de marchandises pauvres, augmentera sa capacité de transport pour les marchandises riches et les voyageurs. Cet avantage représente un bénéfice très difficile à chiffrer, qui peut être considérable et couvrir le préjudice résultant du détournement.

ment de trafic dont l'Etat, par le jeu de la garantie d'intérêt, devrait finalement supporter la charge. Le rapporteur entrevoit en outre une alliance étroite entre la voie d'eau et le chemin de fer, exploités par une Compagnie unique, avec des tarifs limités par l'Etat... solution possible à l'expiration des concessions.

D'autre part, on semble proclamer la gratuité de l'usage du Rhône pour la batellerie.

„Il n'y a, écrit M. Armand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, aucune recette directe à attendre du fait même de la circulation des bateaux; ce n'est que très exceptionnellement qu'il a été établi des péages sur les voies navigables créées ou améliorées, et les résultats ne paraissent pas, à ce jour, avoir été très heureux.

„En dehors de ces rares exceptions, le principe adopté généralement en France, pour les voies de communication de toute nature, est l'imputation des dépenses de premier établissement au budget général ou au budget des collectivités locales. La question ne se discute pas pour les routes et chemins.

„Il n'est certes pas dit que la batellerie sera nécessairement exonérée de toutes taxes, mais celles qui seront établies devront représenter la valeur réelle des services spéciaux tels que traction, pilotage, et autres. Elles ne sauraient couvrir, en totalité ou en partie, les charges du capital de construction.“

Il est donc bien difficile de savoir si, tout pesé, les bénéfices directs ou indirects compenseraient l'intérêt du capital engagé. Aussi, pour justifier la conception, on fait intervenir des raisons de transit international, touchant de plus ou moins près à notre politique économique générale, et dont l'appréciation devient fort délicate.

#### Le transit international.

M. Perrier insiste avec raison sur l'organisation admirable du réseau de navigation intérieure de l'Allemagne, élément important de sa prospérité industrielle. Les fleuves germaniques, tous parallèles, descendent des montagnes à la mer en coulant du Sud au Nord. Les reliefs au cours perpendiculaire du Danube qui court de l'Ouest à l'Est, jusqu'à la mer Noire, telle était la formule hydrographique de la *Mittleuropa*. La réalisation, commencée avant la guerre, n'est que différée.

D'ailleurs, en ces derniers temps, l'axe des grandes communications européennes entre les mers du Nord et celles du Midi s'est déplacé vers l'Est. La ligne Havre-Paris-Marseille a cédé la place à la ligne Calais-Brindisi; la convention du Gothard a accentué le mouvement vers l'Est, et le percement du Lœtschberg, avant le retour de l'Alsace-Lorraine, nous offrait un faible contrepoint.

La situation géographique du Rhône se prête évidemment à la lutte contre la *Mittleuropa*.

Le canal de Beaucaire à Cette relie notre grand fleuve au canal du Midi, c'est-à-dire avec la riche vallée de la Garonne, le port de Bordeaux et l'Atlantique.

Le Rhône communique:

Avec la Loire, par le canal du Centre;

avec la Seine, et, conséquemment, avec le réseau navigable du Nord, par le canal de Bourgogne et le canal de la Saône à la Marne;

avec le Rhin, par la Saône, le Doubs et le canal du Rhône au Rhin.

Enfin, le Rhône est tout indiqué comme voie internationale de transit entre le bassin de la Méditerranée et les pays du Nord ou du Centre de l'Europe, car il est la seule artère fluviale remontant vers la vallée du Rhin, l'Allemagne et la Suisse. Il assure à Marseille une situation privilégiée par rapport à Gênes et aux ports de l'Adriatique; il peut faire échec aux voies ferrées vers Trieste, construites quelques années avant la guerre.

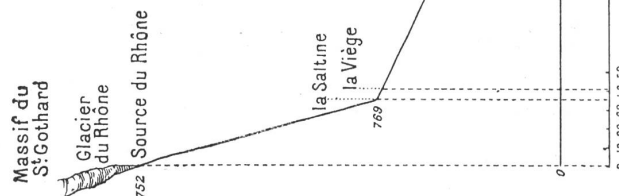
Envisagée sous cet angle, la navigabilité du Rhône présente un intérêt national de premier ordre, à condition que le transit atteigne un chiffre suffisant. On ne nous fournit aucune indication à cet égard; on passe même sous silence la question de fret, pourtant d'une importance capitale. Les courants d'échanges maritimes sont régis par le fret de retour; les bateaux n'apporteront à Marseille les marchandises destinées à l'Europe centrale que s'ils trouvent une contre-partie. Or, en attendant l'aménagement du Rhône, le fret qui débarquait à Anvers, à Rotterdam, à Hambourg, continuera à fréquenter ces ports. Pourrons-nous, dans dix ou quinze ans, lui offrir des avantages suffisants pour lui faire abandonner ces ports au profit de Marseille? Espérons-le.

#### La question suisse.

A côté de la question de transit international se pose une question exclusivement suisse, qui remonte à plus d'un siècle.

En 1798, puis en 1803, des conventions furent passées entre la France et la Suisse en vue d'établir une communication par eau du Léman au Rhin, et du Léman au Rhône navigable. Elles n'eurent aucune suite.

On se les rappela quelque temps avant la guerre, en raison de l'intérêt que nous pouvions avoir à accéder au Rhin sans traverser le territoire allemand. Cet intérêt a disparu avec le retour de l'Alsace à la France. En outre, nous n'avons guère d'avantage à rendre le Rhône navigable jusqu'à Genève, puisque, arrivées au lac, les marchandises, sauf celles à destination des riverains, doivent être transbordées sur rail. Nous accédons directement au Rhin suisse par Bâle, qui se trouve au centre industriel de la Confédération, et il n'est pas démontré que le supplément de parcours, par rapport à celui qui amènerait à Genève les chalands de la Méditerranée, influe sérieusement sur la situation de Marseille vis-à-vis de Rotterdam. Par contre, la Suisse désirerait voir



Profil du cours du Rhône de sa source à son embouchure.

La Dranse de Martigny, en amont du Léman, ne doit pas être confondue avec la Dranse d'Abondance, qui se jette dans le lac, près de Thonon.

arriver par eau jusqu'au Léman les céréales ou autres produits qu'elle importe par Cette et Marseille. A l'intérêt fédéral s'ajoute l'intérêt d'un canton. Depuis quarante ans, Genève voit décliner sans cesse sa situation économique. L'industrie et le gros commerce se sont développés surtout en Suisse allemande, dans la région de Bâle, Zurich, Winterthur. Près de Genève, Lausanne a pris un essor inattendu; le percement du Simplon a parachevé l'isolement de la capitale du Léman. Or, tous les cantons de la Suisse poussent au plus haut degré le souci des intérêts particularistes, et Genève ambitionne une compensation. Après avoir espéré nous amener au

percement de la 'Faucille, nos amis escomptent aujourd'hui l'aménagement du Rhône en vue d'un raccordement au Danube qui leur apporterait des avantages considérables.

Les travaux à la charge de la Suisse pour réaliser l'opération sont évalués à une soixantaine de millions. Les dépenses de la France spéciales à la navigation de Lyon au Léman atteindraient environ deux cents millions, dont une cinquantaine pour la section comprise entre Génissiat-Bellegarde et la frontière.

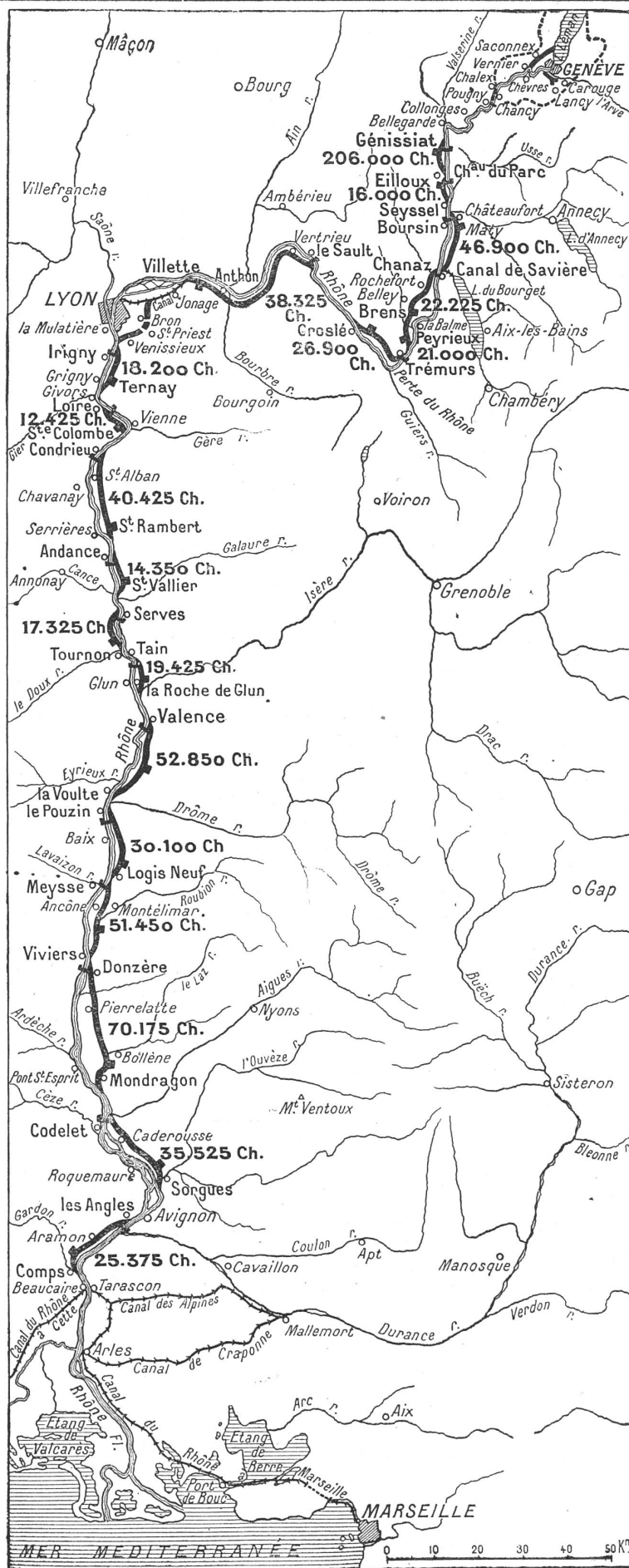
En compensation d'un effort dont la Suisse paraît devoir retirer plus d'avantages que nous-mêmes, nous demandons le relèvement d'environ 40 centimètres du plan d'eau du lac Léman. Cette retenue permettrait de régulariser le débit du Rhône en période de basses eaux et nous procurerait un supplément d'énergie hydraulique de 60 millions de kilowattheures pendant la période des basses eaux, ce qui procurerait une recette supplémentaire d'environ 5 millions.

En principe, ce relèvement soulève une objection: la possibilité de provoquer l'inondation des rives dans le cas où les torrents qui alimentent le lac apporteraient subitement des masses d'eau supérieures au débit de l'émissaire. Il y a des moyens de parer à ce danger. D'ailleurs, au cours de l'hiver 1917-1918, la Suisse a pratiqué ce relèvement de sapropre autorité, pour les besoins de ses usines. Si donc quelques-uns, parmi nos amis Suisses, jugent excessive la compensation demandée, la France semble en droit de la trouver plutôt minime.

Car, on me permettra d'insister, notre intérêt à communiquer avec Genève par voie fluviale a des limites. Puisque nous atteignons directement le Rhin, il ne faut pas nous laisser hypnotiser par les cinq ou six cents mille tonnes de céréales que nos ports méditerranéens ont reçues pour la Suisse pendant la guerre. Il ne faut pas non plus trop sacrifier aux intérêts particuliers de la Savoie qui souhaite d'accéder par eau à un Rhône navigable. Aussi la Chambre a-t-elle rejeté un amendement qui prévoyait une dépense de 400 millions pour relier le Rhône à la rive française du Léman sans emprunter le territoire suisse.

#### L'irrigation.

L'irrigation a toujours fait la fortune des pays exposés à une sécheresse prolongée; sous le soleil du Midi, elle change en greniers d'abondance les sols en apparence les plus stériles. Non seulement l'eau remédie au dé faut d'équilibre entre le régime des pluies et les besoins de la végétation, elle est encore un agent important de fertilisation en raison des limons qu'elle transporte. Le Rhône, à Lyon, charrie annuellement 40 millions de mètres cubes d'éléments divers que leur état de division extrême rend particulièrement assimilables (Nil 95 millions, Durance 12 millions). Il existe déjà en Provence un réseau d'irrigation important, et les terres arrosées par les canaux dérivés de la Durance procurent des revenus qui s'élevaient avant la guerre jusqu'à 2.000 francs par hectare.



Projet d'aménagement du Rhône, de la frontière suisse à la mer.

Les gros traits indiquent les dérivations et les barrages prévus pour capter l'énergie hydraulique tout en créant des biefs facilitant la navigation.  
Les carrés représentent l'emplacement des usines hydro-électriques avec, en regard, leur puissance en nombre de chevaux.

En présence de tels résultats on est surpris d'apprendre qu'à part quelques exceptions, la taxe annuelle d'arrosage ne peut dépasser 50 francs par hectare pour les cultures ordinaires, sans devenir prohibitive; en général, elle oscille entre 30 et 35 francs. Les propriétaires se refusent à payer davantage sous prétexte que les dépenses de mise en valeur s'élèvent en moyenne à 300 francs par hectare et peuvent atteindre le double, alors que la plus-value à espérer est lente à se produire.

Il reste beaucoup à faire en Camargue, dans la Crau, dans les basses plaines du Gard et de l'Hérault, en Vaucluse, dans la Drôme, dans l'Isère, dans l'Ardèche et même dans les départements du Rhône et de l'Ain. M. Troté, inspecteur général de l'hydraulique agricole, entrevoit une surface d'environ 260.000 hectares à irriguer ou à assainir; il évalue l'ensemble des dépenses à 120 millions, prix d'avant-guerre, soit 360 millions, suivant le coefficient adopté.

Les concessionnaires de l'énergie hydraulique fourniraient gratuitement l'eau d'arrosage empruntée à leurs dérivations; en outre, ils livreraient au prix de revient ou même au-dessous la force nécessaire pour le pompage et pour les travaux de culture mécanique.

#### *L'énergie hydro-électrique.*

J'arrive enfin à l'énergie hydraulique, qui constitue la grande ressource du Rhône. Non seulement elle apparaît la plus précieuse au moment où s'intensifie la crise mondiale du charbon, mais elle se prête à une exploitation si rémunératrice qu'elle doit servir de rançon à la navigation et à l'irrigation.

Cette énergie se trouve inégalement répartie sur le cours du fleuve. Le Rhône reçoit les eaux d'un des plus vastes bassins du continent européen. Il compte, parmi ses affluents, tous les torrents des Alpes françaises, ceux d'une partie des Alpes suisses; les rivières du versant occidental du Jura, du plateau bourguignon, du Vivarais, des Cévennes et de la Provence. Il présente trois zones de caractères fort dissemblables. En amont, de la frontière suisse à Lyon, rives escarpées et pentes rapides, par conséquent grandes forces hydrauliques et navigation difficile; plus loin de Lyon à Arles, pentes moyennes, compatibles avec une certaine navigation, dans une région industrielle; en aval, d'Arles à Marseille, pentes très faibles, au milieu de plaines basses, les unes à rizières, les autres, presque abandonnées, toutes réclamant de copieux arrosages. La pente kilométrique *moyenne* atteint 2 m. 25 sur les 40 kilomètres qui s'étendent entre la frontière suisse et Seyssel; 0 m. 57 de Seyssel à Lyon (150 kilomètres), puis 0 m. 55 de Lyon à Arles (240 kilomètres).

Comme tous les fleuves de régime glaciaire, le Rhône a ses hautes eaux en été, et son débit varie de 120 à 1.100 mètres cubes par seconde. La puissance hydraulique disponible en eaux moyennes et utilisable avec les moyens actuels est évaluée (en chiffres ronds), pour chacune des trois sections que nous venons de considérer, à 200.000, 170.000 et 390.000 chevaux, soit un total de 760.000 chevaux produisant annuellement 4 milliards 848.000.000 de kilowatt-heures. Cette force correspond à celle que donneraient un nombre sensiblement égal de kilos de charbon, soit en chiffres ronds 4.500.000 tonnes, c'est-à-dire à peu près la production des mines d'Anzin avant la guerre.

La section du haut Rhône est, de beaucoup, la plus avantageuse. Ses 200.000 chevaux, répartis sur une longueur de 40 kilomètres, peuvent être aménagés dans une seule usine. En 1912 (numéro du 23 mars 1912), j'exposais ici même deux projets présentés par des demandeurs de concession. L'un, étudié par MM. Blondel, membre de l'Institut, et Harlé, prévoit à Génissiat un barrage gigantesque qui aurait pour conséquence de noyer une partie de la vallée; on escompte une force de 80.000 chevaux en basses eaux et de 320.000 chevaux en hautes eaux. Le second projet comporte deux paliers de retenue: l'un à Malpertuis, l'autre à Bellegarde.

*Le projet actuel.* — Le projet actuel embrasse tout le cours du Rhône. Ce n'est, d'ailleurs, qu'un avant projet où les modes de réalisation technique ont été envisagés de façon sommaire.

La méthode des grands barrages comporte divers inconvénients:

Aléa de stabilité et surtout d'étanchéité latérale au milieu de calcaires très fissurés, particulièrement favorables à l'érosion; Danger permanent pour les riverains inférieurs, dont la ville de Lyon, en raison de la possibilité de rupture;

Eventualité d'un comblement rapide de ces réservoirs artificiels par les alluvions de l'Arve qui charrie tous les débris glaciaires du massif du Mont Blanc.

D'autre part, le système d'ascenseur prévu pour le passage des bateaux offre à la régularité et à la sécurité de la navigation des garanties relatives.

Cependant M. Armand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, ne repousse pas le projet de Génissiat qui résout l'une des plus grandes difficultés de la navigation du haut Rhône, le passage des gorges, en créant un lac de 23 kilomètres allant jusqu'à la frontière suisse. Mais à l'ascenseur prévu pour franchir la chute, il préfère un canal à écluses.

Sur le reste du parcours, aux barrages ayant une retenue importante et créant une grande chute, on substitue des barrages de faible retenue ayant pour rôle principal l'alimentation de longues dérivations. La hauteur de chaque barrage peut être réduite à la valeur nécessaire pour que la retenue se fasse sentir jusqu'à la sortie de la dérivation précédente et la chute utilisable comprend dès lors cette hauteur majorée de la différence des pentes du Rhône et de la dérivation, différence qui peut devenir très grande si la dérivation est longue.

Avec ce système on évite les inconvénients des grands barrages. En outre, il est plus facile de réaliser une chute importante en la faisant porter sur une longue section, quand on se trouve — comme c'est le cas du bas Rhône — en présence d'une pente excessive pour les facilités de la navigation, mais plutôt faible pour l'utilisation de la force hydraulique. Enfin, ces dérivations permettent de substituer aux biefs trop rapides du fleuve, des biefs à pentes plus favorables à la navigation, les dénivellations étant franchies au moyen d'écluses.

En aval des gorges, du Château-de-Parc à l'aval de Lyon, on pratiquerait cinq dérivations éclusées avec six usines donnant ensemble 171.350 chevaux. Les écluses sont prévues pour chalands d'au moins 1.000 tonnes.

Entre Lyon et Arles, il y aurait 12 dérivations et 12 usines dont la puissance, variant entre 12.000 et 70.000 chevaux, formerait un total de 387.625 chevaux. Entre Lyon et Beaucaire, le lit du Rhône se trouverait ainsi partagé en 13 biefs séparés par 12 chutes. La longueur de la voie navigable serait réduite de 276 à 258 kilomètres, dont 102 kilomètres en dérivation et 156 en rivière, les pentes et la vitesse de courant se trouvant de part et d'autre notablement atténuées.

#### *La valeur de l'énergie hydro-électrique*

J'ai dit plus haut que l'énergie hydraulique demandée au Rhône correspond à celle que fourniraient quatre millions et demi de tonnes de charbon. Voyons maintenant comment on entend employer cette force. Je prendrai des chiffres ronds, et le moins possible, simplement pour fixer les idées, sans m'arrêter aux chiffres plus ou moins hypothétiques semés dans les documents officiels.

Aux termes d'un accord conclu entre le gouvernement et la Ville de Paris, celle-ci s'est réservée 200.000 kilowatts, que les pertes de transport réduiront à 176.000 kilowatts. En admettant une utilisation de 11 heures par jour, soit 4.000 heures par an, et un prix de vente de 10 centimes, le produit atteindrait 70.400.000 francs. (Actuellement les Parisiens paient 5 centimes l'hectowatt pour l'éclairage, soit 50 centimes le kilowatt) Le prix de 10 centimes, basé sur le prix du kilowatt obtenu avec du charbon à 80 francs la tonne, est purement hypothétique, comme celui d'ailleurs auquel on pourra vendre le courant dans les diverses régions. Les riverains du Rhône réclamaient des tarifs de faveur que la Chambre leur a, avec raison, refusés, leur accordant, par contre, pour l'achat du courant certaines priorités d'option d'un mécanisme assez compliqué.

Après le prélèvement de la Ville de Paris, il restera disponible environ 560.000 chevaux pouvant fournir, selon le mode d'utilisation, environ 3 milliards et demi de kilowatt-heures qui seront utilisés pour l'industrie métallurgique ou électrochimique, la traction électrique sur le Rhône, l'électrification d'une partie du réseau P.-L.-M., le pompage des eaux d'irrigation, les exploitations agricoles, etc.

#### *La combinaison financière.*

J'indique rapidement la combinaison financière.

L'ensemble des dépenses, évalué d'abord à 897 millions, prix d'avant-guerre, est estimé aujourd'hui à 2.500 millions, dont environ 300 millions applicables aux travaux de navigation.

La loi prévoit une concession unique consentie à une *Compagnie nationale du Rhône*, groupant toutes les collectivités plus ou moins intéressées à l'aménagement; les départements, les grandes villes de Paris, de Lyon, de Marseille, de Nîmes, d'Avignon, de Saint-Etienne, de Grenoble, de Valence, de Chambéry, d'Annecy, les Chambres de commerce, les

Compagnies de chemins de fer et de navigation, les Syndicats agricoles, industriels et commerciaux, les Sociétés industrielles, etc. Au cas où l'on ne pourrait réaliser cette combinaison, on admettrait plusieurs concessionnaires. Chaque concession sera accordée par un décret rendu en Conseil d'Etat qui arrêtera le cahier des charges, les conditions financières, les conditions de vente de l'énergie, etc.

Les dépenses totales seront couvertes au moyen d'actions et d'obligations. Le capital obligations peut atteindre <sup>9</sup>/<sub>10</sub> du capital souscrit; son intérêt et son amortissement sont garantis par l'Etat qui touchera 80% des superbénéfices et deviendra propriétaire de tous les ouvrages au bout de soixante-quinze ans.

#### L'exécution des travaux.

Voici enfin l'ordre prévu provisoirement pour l'exécution des travaux répartis sur une période de quinze ans.

#### Conclusion.

J'espère avoir donné une idée suffisante du projet pour permettre aux lecteurs d'en saisir l'économie générale et d'en apprécier les avantages ou les imperfections.

On ne saurait certes qu'approuver la mise en valeur, aussi rapide que possible, de l'énergie hydraulique du Rhône.

Par contre, on peut différer d'avis sur l'opportunité de faire supporter à l'aménagement hydraulique, et par ricochet au contribuable français, les 300 millions qui représentent approximativement la part de travaux concernant la navigation. Voici, à cet égard, l'opinion de M. Galliot, inspecteur général des ponts et chaussées.

„Lorsqu'on a entrepris les travaux d'amélioration qui ont créé la voie navigable actuelle du Rhône, on s'en était promis des avantages considérables. Or, le Rhône ne prend guère que 5% du trafic de la vallée. Il est question maintenant de profiter des travaux de captation des forces hydrauliques

Numéros d'ordre	OPÉRATIONS DÉSIGNATIONS	Dépenses totales	Durée des travaux	Dépenses annuelles	ORDRE D'EXÉCUTION
		millions	années	millions	
1	Génissiat ou Bellegarde-Malpertuis ou projet à dérivation . . . . .	300	6	50	Simultanément (1), (2), (3), (4), (5), (6) et (7).
2	Brens-Peyrieux . . . . .	95	3	32	
3	Port de Lyon . . . . .	110	4	28	
4	Donzère-Mondragon . . . . .	170	4	45	
5	Ligne de transport sur Paris . . . . .	100	3	34	
6	Ligne de transport frontière à la mer	100	3	34	
7	Agriculture . . . . .	50	3	17	
		925		240	
		2me Tranche			
8	Le Sault à Villette-d'Anthon . . . . .	130	4	35	A la fin de la 3me année on commence la 2me tranche (8) et (11).
9	Valence à la Voulte . . . . .	115	4	29	
10	Meysse-Viviers . . . . .	105	4	28	A la fin de la 4me année (9) et (10).
11	Agriculture . . . . .	50	4	15	
		400		107	
		3me Tranche			
12	Boursin au canal de Savières . . . . .	70	4	18	A la fin de la 5me année la 3me tranche (13) et (15).
13	Trémurs à Groslée . . . . .	80	4	20	
14	Condrieu-Saint-Rambert . . . . .	105	4	23	A la fin de la 6me année (12) et (14).
15	Agriculture . . . . .	50	4	15	
		305		76	
		4me Tranche			
16	Eilloux . . . . .	30	3	10	A la fin de la 7me année la 4me tranche (17) et (19).
17	Le Pouzin-Logis Neuf . . . . .	70	3	25	
18	Tain-La-Roche-de-Glun . . . . .	60	3	20	A la fin de la 8me année (16) et (18).
19	Agriculture . . . . .	50	3	17	
		210		72	
		5me Tranche			
20	Irigny-Ternay . . . . .	55	3	19	A la fin de la 9me année la 5me tranche (22) et (23).
21	Loire-Sainte-Colombe . . . . .	45	3	15	
22	Codolet-Sorgues . . . . .	120	4	30	A la fin de la 10me année (20) et (21).
23	Agriculture . . . . .	50	3	17	
		270		81	
		6me Tranche			
24	Andance-Saint-Vallier . . . . .	50	3	17	A la fin de la 11me année la 6me tranche (26) et (27).
25	Serves-Tournon . . . . .	55	3	19	
26	Les Angles-Comps . . . . .	85	4	22	A la fin de la 12me année (24) et (25).
27	Agriculture . . . . .	50	3	17	
		240		75	

On remarquera que la première tranche prévoit l'équipement simultané de la plus importante partie des chutes du haut Rhône qui donnent 250.000 chevaux en eaux moyennes et aussi de la chute de Mondragon, au confluent de l'Ardèche, qui en procure 70.000. C'est un total de 320.000 HP qui permettra de satisfaire rapidement les exigences de Paris.

du fleuve pour y établir une nouvelle voie navigable, sur de nouveaux principes; on doit se demander si les dépenses se justifient par les résultats à attendre.

„Ces dépenses sont assez difficiles à fixer, la ventilation entre la captation des forces d'une part et la navigation de l'autre étant à peu près impossible, car presque toutes les

parties des ouvrages servent à la fois aux deux. On peut toutefois se demander si les 250 millions — prix d'avant-guerre — que doit coûter la voie navigable ne seraient pas mieux employés à améliorer les voies ferrées parallèles.

„L'hésitation est d'autant plus permise que la nouvelle voie navigable présentera des conditions médiocres, à cause du nombre des écluses et de la rapidité des courants, et aussi parce qu'il est vraisemblable que la vallée du Rhône continuera à manquer des matières lourdes qui constituent le trafic principal des voies navigables.

Mais, dans une entreprise de ce genre, surtout quand elle présente un caractère international, comme celle du Rhône, la question du prix de revient peut ne constituer qu'un élément négligeable de décision . . .“

A un autre point de vue on peut critiquer l'agrandissement des conceptions, qui englobe dans un projet et dans une seule société toute l'organisation du Rhône. C'est une idée simpliste de croire que le problème du Rhône est un problème unique; en réalité, les différentes régions du fleuve n'ont pas les mêmes caractéristiques. Il eût été naturel de donner des concessions indépendantes sur les diverses sections et de les exécuter au fur et à mesure de la création de la clientèle.

L'énergie hydro-électrique n'est pas une marchandise qu'on vend comme le charbon, car elle n'est pas transportable au delà d'une certaine distance. Il faut donc que le client vienne s'installer assez près de l'usine. Or, le client sérieux ne peut être que la grande industrie mécanique, la filature, le tissage. Le chemin de fer, aussi, est un bon client, mais à condition de dépenser d'abord plusieurs centaines de mille francs par kilomètre pour adapter ses installations et son matériel. L'électrochimie elle-même n'a qu'un débouché restreint, car elle exige des prix de revient extrêmement bas pour pouvoir lutter contre l'électrochimie norvégienne ou américaine.

D'autre part, on aurait mieux fait de laisser la Ville de Paris prendre à son compte et réaliser, comme elle le proposait, le projet de Genissiat, dont l'exécution eût été ainsi sérieusement avancée. Si ce projet avait été exécuté avant la guerre, il aurait coûté 140 millions au lieu de 300, et il aurait économisé à notre balance commerciale une importation d'un milliard de francs de charbon anglais. *F. Honoré.*

## Die bessere Ausnutzung der Hochwassermengen der schweizerischen Flüsse durch Verbesserungen im Turbinenbau.

Wir geben im Nachstehenden den Inhalt eines Schreibens wieder, das Herr Arnold Pfau, cons. Ing., in Milwaukee, Wisk., U. S. A., an Herrn Kummler in Firma Kummler & Matter in Aarau gerichtet hat und uns von diesem in zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt worden ist. Herr Ing. W. Zuppinger in Zürich, dem wir das Schreiben zur Einsicht zugestellt haben, ist der Ansicht, dass die Sache eine grosse Bedeutung für alle Niederdruckwerke habe und macht uns darauf aufmerksam, dass er dieselbe Anregung in einem Aufsatz vom April 1919 in der Schweiz. Bauzeitung gemacht hat. Diese Anregung wäre also bereits mit Erfolg in Amerika verwirklicht worden.

Das Schreiben lautet mit Weglassung persönlicher Stellen folgendermassen:

„Es macht mir grosses Vergnügen, Ihrem Wunsche entsprechend, Sie auf eine Neuerung im Wasserturbinenbau aufmerksam zu machen. Ich hatte heute Gelegenheit, von dem hohen Wasserstande der Aare und dem damit verbundenen Energieverlust der hiesigen Centrale Kenntnis zu nehmen, und ich wurde dadurch zur Bemerkung veranlasst, dass wir in Amerika angefangen haben, diese Hochwassermengen, wenigstens zum Teil, zu einer Wiedergewinnung der durch den Rückstau im Unterwasser eingebüsst Energie heranzuziehen.

Meines Wissens wurde seinerzeit bei einem der Genfer Werke (vermutlich Chèvres) ein diesbezüglicher Versuch gemacht, welcher aber zu keiner wirtschaftlich zufriedenstellenden Lösung führte.

Später wandte ein in der Hydraulik berühmter, ameri-

kanischer Ingenieur seinen früher schon in die Praxis eingeführten Wassermesser (Venturimeter, Clemens Herschel, New York) an, um mit Hilfe desselben im Saugrohr der Turbine ein zusätzliches Vacuum zu erzeugen. Dieses Prinzip hat aber den Nachteil, dass es ziemliche Kosten verursacht, neben andern, besonders in der Praxis nicht belanglosen Unannehmlichkeiten. Obschon es bedeutend wirksamer ist, als das damals in Genf angewandte, hat es sich dennoch aus den oben angeführten Gründen in der Praxis nicht eingebürgert.

Seit einigen Jahren hat nun ein Consulting Engineer, Mr. Gardner S. Williams, in Ann Arbor, Michigan, U. S. A. ein neues Verfahren ausprobiert, das sich in der Praxis in wehreren Anlagen bereits ausgezeichnet bewährt hat.

Bevor ich auf das Prinzip dieser zusätzlichen Gefällsvermehrung eingehe, gestatten Sie mir die Bemerkung, dass wir Hydrauliker in Amerika dem Saugrohr der Turbine bedeutend mehr Aufmerksamkeit schenken, als dies zurzeit noch in der europäischen Praxis der Fall zu sein scheint. Namentlich bei den modernen, für niedere Gefälle besonders geeigneten Schnellläufern (hohe Schluckfähigkeit, hohe sogenannte spezifische Drehzahl) ist es von grosser Wichtigkeit, die grosse Energiemenge, welche noch in dem vom Turbinenrade abfliessenden Wasser enthalten ist, in Gefälle umzusetzen, um dadurch einen möglichst hohen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen. Es werden daher bei uns sehr sorgfältige Saugrohrkonstruktionen, sowohl in Eisenblech als in Beton ausgeführt. Sie finden jetzt sogar Formen, welche uns selbst früher ganz widersinnig vorkamen, und welche auch heute noch nicht mit den zur Verfügung stehenden Theorien der Hydraulik als best wirksam begründet werden können, welche aber dennoch weit bessere Ergebnisse zeigen, als irgend eine bis jetzt für gut gehaltene Konstruktion.

Die zusätzliche Gefällsvermehrung wird nun dadurch erreicht, dass im Nacken des gekrümmten Saugrohres eine Düse angebracht ist, aus welcher Überschusswasser unter tunlichst hoher Geschwindigkeit austritt, das heisst in das Saugrohr der Turbine eintritt, und dadurch die vom Turbinenrade abfliessenden Wassermengen mit sich reißt, so dass dieselben, zufolge der erhöhten Geschwindigkeit, einen zusätzlichen Negativdruck, das heisst also ein zusätzliches Vacuum oder Gefällserhöhung erzeugen.

Eine solche Gefällszunahme  $H_s$  bewirkt aber zugleich noch eine erhöhte Schluckfähigkeit der Turbine, welche also ihrerseits auch noch eine Zunahme der Energie mit sich bringt.

Dazu kommt aber noch eine weitere Energiezunahme zufolge des geringeren Verlustes des Wirkungsgrades der Turbine, weil ja doch das so erzeugte Totalgefälle ( $H' + H_s$ ) weniger vom Normalgefälle  $H$  abweicht, als das ohne Rückgewinnung vorhandene Hochwassergefälle  $H'$ .

Die zur Gefällsvermehrung in das Saugrohr eingeführte Wassermenge (Überschuss oder Hochwasser) wird dem Oberwasser entnommen, und zwar einfach „vor“ dem Rechen, um die sonst dadurch erzeugten Gefällsverluste im Rechen zu vermeiden. Die Gefahr der Verstopfung ist sozusagen ausgeschlossen, indem einmal das Zusatzwasser am Boden vor dem Rechen abgeführt wird (durch einen einfachen Glockenverschluss abgestellt), aber auch zufolge des Umstandes, dass die Düsenöffnung, namentlich bei grossen Turbineneinheiten, recht beträchtlich ist.

Leider kann ich Ihnen zurzeit keine direkten Zahlenwerte über diese zusätzliche Energie-Rückgewinnung mitteilen, ich bin aber recht gerne bereit, solche Daten für Sie zu beschaffen, oder Sie mit den betreffenden, mir gut bekannten Persönlichkeiten in direkte Verbindung zu setzen.

Meine bisherige Erfahrung mit Bezug auf dieses neue Prinzip überzeugt mich, dass die Hochwasserleistungen unserer mit Mittelgefälle arbeitenden und dem Hochwasser unterworfenen Anlagen in der Schweiz wirtschaftlich erheblich erhöht werden können, wenn das oben Ihnen zur Kenntnis gebrachte Prinzip richtig durchgeführt wird, und ich gestatte mir hier, als stets noch für das Wohl der Schweiz einstehender Wasserbau-Ingenieur, zu bemerken, dass es äusserst bedauernd wäre, wenn die vielen nun dem Ausbaue entgegengehenden Werke ohne Anwendung der neuesten wirtschaftlichen Vervollkommnungen ausgerüstet würden.“