

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 78 (1952)
Heft: 5

Artikel: Impression du quatrième congrès des grands barrages (suite)
Autor: Gruner, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58988>

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: 26.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraisant tous les quinze jours

Abonnements :

Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs

Pour les abonnements
s'adresser à :

Administration
du « Bulletin technique
de la Suisse romande »
Librairie Rouge & Cie
S. A., Lausanne

Compte de chèques postaux II, 5778, à Lausanne

Prix du numéro : Fr. 1.40

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

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président: G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; E. Latelain, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgruin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; G. Furter, ingénieur ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Caste postale Chauderon 478, Lausanne.

Conseil d'administration de la Société anonyme du Bulletin Technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

Le millimètre
(larg. 47 mm) 24 cts

Réclames : 60 cts le mm
(largeur 95 mm)

Rabais pour annonces
répétées

Annonces Suisses S.A.



5 Rue Centrale. Tél. 223326
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : Impressions du Quatrième Congrès des grands barrages : *Problèmes de l'irrigation en Inde*, par E. GRUNER, ingénieur, à Bâle.
— LES CONGRÈS : Deuxièmes journées de l'hydraulique. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

IMPRESSIONS DU QUATRIÈME CONGRÈS DES GRANDS BARRAGES

(Suite) ¹

Problèmes de l'irrigation en Inde

par E. GRUNER, ingénieur, à Bâle

De temps immémorial, l'irrigation a donné lieu en Inde à l'une des activités les plus utiles de l'ingénieur. Des famines sans cesse renouvelées, dues à la surpopulation et à la sécheresse, ont poussé les hommes dès les époques les plus reculées à rechercher et à accumuler l'eau. Lorsque les puits se desséchent, des réservoirs servirent à conserver l'eau de pluie de la mousson. Depuis des milliers d'années, les forces de la nature obligent l'Etat à se préoccuper de la distribution de l'eau et de la dérivation des rivières. C'est pourquoi l'irrigation est caractérisée en Inde par une tradition et des particularités qui ont été et sont encore différentes de celles de la Mésopotamie, de la vallée du Nil et du royaume des Inkas.

I. Le climat de l'Inde

C'est le climat qui est la cause de l'intervention de l'homme dans l'économie hydrologique de l'Inde. Il comporte trois saisons bien différentes : un hiver sec allant de novembre à mars, un été précoce très chaud qui dure d'avril à juin et l'été proprement dit qui est humide et s'étend de juillet à octobre. La hauteur annuelle moyenne de pluie s'élève à 1120 mm et serait suffisante, mais malheureusement le 85 %

des précipitations se produit pendant la mousson d'été. Des chutes de pluie dépassant la moyenne et allant jusqu'à 2000 mm par an sont enregistrées le long de la côte occidentale, à Ceylan et au Bengale. On peut citer le cas exceptionnel de Tscheria Pundschi, en Assam, où la disposition des montagnes provoque dans cette région des précipitations moyennes annuelles de 11 630 mm. C'est là aussi que fut relevé en 1865 le maximum annuel du monde entier, soit 23 500 mm. La violence de telles pluies est illustrée par des mesures faites du 11 au 13 juin 1950 à Darjeeling, situé sur la pente sud de l'Himalaya, où $415 + 275 + 325 = 715$ mm sont tombés en l'espace de 60 heures, causant des glissements de terrain de dimensions inconnues jusqu'alors et occasionnant des coulées charriant des blocs de la grosseur d'une maison (fig. 1). Par contre, l'île de Ceylan et la côte orientale subissent la mousson d'hiver. Par ailleurs, le haut-plateau de Deccan enregistre 750 mm, la partie moyenne de la vallée du Gange et la région de l'Indus moins de 500 mm et le désert de Tharr presque rien. Ces précipitations sont d'ailleurs très variables selon les années, une diminution de 25 % entraînant une sécheresse sensible et une diminution de 40 % une sécheresse grave, ce qui, conformément aux statistiques, se produit tous les cinq, respectivement tous les dix ans. Au point de vue géopolitique, tous les territoires pauvres en pluies sont des régions de famine. Dans les plaines du Nord, l'eau utilisée pour l'irrigation est généralement celle des rivières de montagne, alors que dans le Sud elle provient de la nappe souterraine ou de

¹ Voir *Bulletin technique de la Suisse romande* du 9 février 1952, page 29*

réservoirs. Au total, sur une surface cultivable de 300 millions d'hectares, on compte 20 millions d'hectares irrigués, ce qui a rendu habitables des régions auparavant désertiques.

II. L'irrigation en Inde au cours des siècles

Dès l'antiquité, les peuples de l'Inde ont reconnu dans leurs rivières la source de la fertilité et ils les ont vénérées dans des chants de louange où l'irrigation a également sa place :

Oh Indus, lorsque tu as rencontré la terre fertile, Varuna, le dieu de l'eau, t'a ouvert les portes et tu as pu te répandre sur de larges étendues. Oh Indus, tu nous apportes la nourriture dans ton chariot attelé de chevaux. Oh Indus, tu es toujours jeune et beau. Tu t'es couvert de fleurs délicieuses et tu prodigues le blé et la laine et la paille.

Comme le dit la tradition, en ces temps reculés, les puits, citernes et canaux furent construits comme travaux collectifs car les forêts et les champs semblent avoir appartenu à la communauté, et en cas de nécessité l'eau fut puisée au moyen de « droni » (arbres de puisage) et de « ghatichakra » (roues munies de puiseurs d'argile). De ces communautés de travail sont vraisemblablement sortis plus tard de petits Etats, ce qui favorisa l'extension des installations d'irrigation. Mégasthène, qui séjourna en Inde, il y a deux mille ans, comme représentant diplomatique de la Grèce, rapporte à ce sujet ce qui suit : « Parmi les hauts fonctionnaires de l'Etat, il en est qui surveillent les rivières et arpencent le pays, comme c'est l'usage également en Egypte. Ils vérifient les vannes par lesquelles des quantités d'eau définies sont dirigées des canaux principaux dans les canaux secondaires. Des contrées étendues sont irriguées et rapportent chaque année deux récoltes, de sorte que les habitants ont tout le nécessaire et ont une belle stature. Il paraît que l'Inde n'a jamais vu de famine. »

Un souverain étranger d'origine mahométane, Firuz Shah Tughlak fut un grand bâtisseur. Il fit établir en 1355 le canal occidental de Yamuna dans le but d'irriguer ses chasses. On attribue également à son esprit d'entreprise la construction de 50 barrages contre les crues, de 30 bassins d'accumulation, de 150 ponts et de nombreux hôpitaux, mosquées et écoles. Après 1821 les Anglais s'occupèrent des canaux orientaux

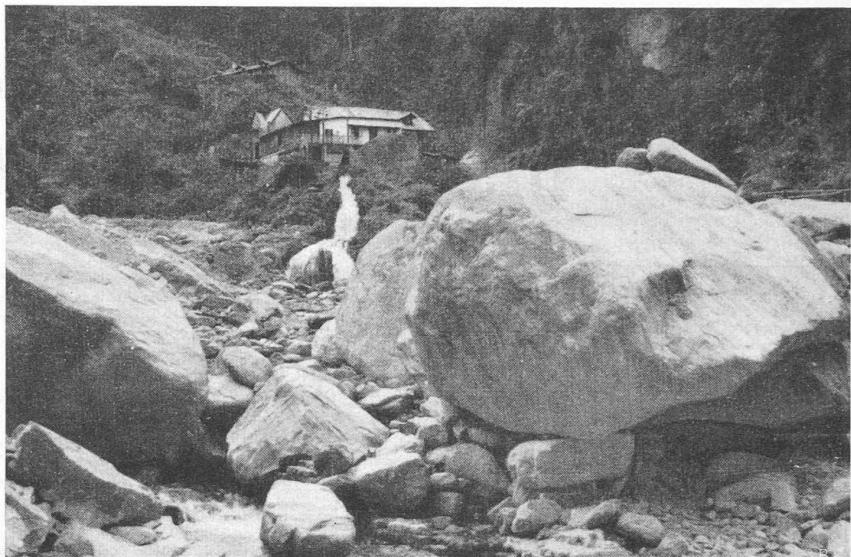


Fig. 1. — Témoins des coulées des 12 et 13 juin 1950, Hôpital d'Jhora près de Darjeeling. A l'arrière, la première usine hydro électrique indienne d'Untersidrapong, construite en 1897 et équipée avec des turbines Escher-Wyss.

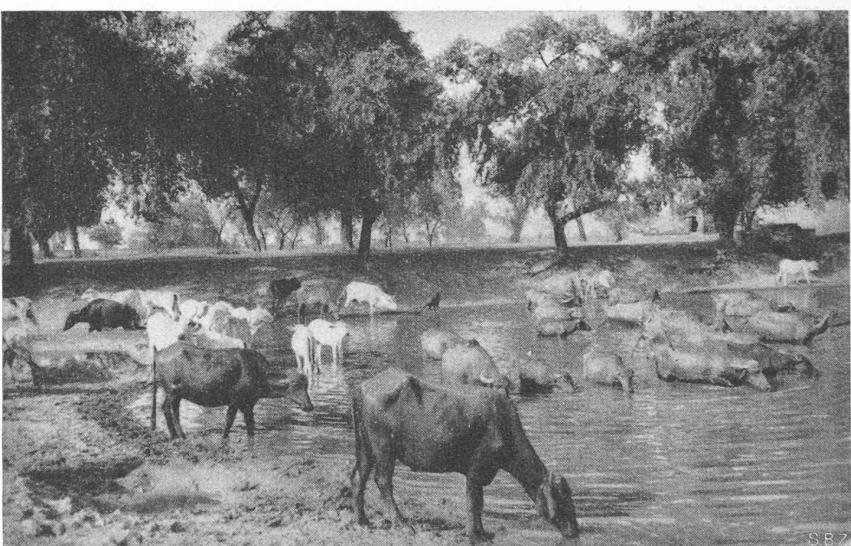


Fig. 2. — Réservoir servant d'abreuvoir dans un village de la vallée du Gange.

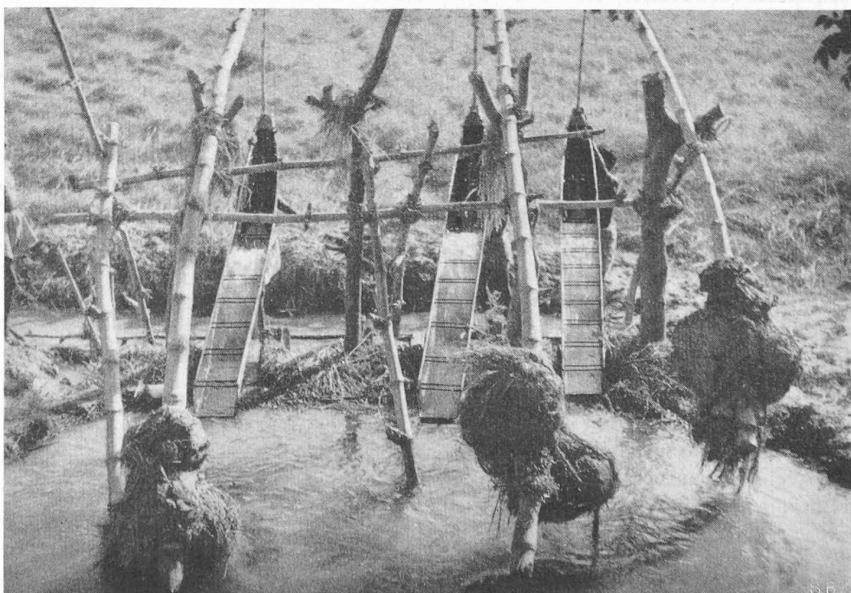


Fig. 3. — « Droni » ou élévateurs d'eau en tôle, commandés à la main, sur le Grand Trunk Road près de Burdwan.

et occidentaux de Yamuna dont ils agrandirent le rayon d'action successivement de 8000 à 405 000 ha. Un deuxième projet important est le canal du delta du Cauvery. Il se compose de 2400 km de canaux principaux et de 3200 km de canaux de distribution, avec un écoulement maximum de 1200 m³/sec. Les frais de construction, pour autant qu'ils puissent être estimés rétrospectivement, se sont élevés à 9 millions de roupies et rapportent un revenu de 14 % l'an. Le canal de la vallée supérieure du Gange constitue un exemple gigantesque de la technique d'irrigation indienne. Sa construction s'imposa sous la domination britannique, après la terrible famine de 1836-1837, et il fut entièrement mis en exploitation dès 1862. L'ouvrage de prise se trouve près de Hardwar, lieu de pèlerinage pour les bains rituels de rivière. Les premiers 32 km demandèrent des ouvrages extraordinaires, le cours d'eau artificiel étant établi transversalement par rapport à la pente naturelle du pays. De petits cours d'eau ont été aménagés dans le canal, alors que quatre grands sont traversés au moyen d'ouvrages d'art. L'aqueduc de Solani est remarquable ; à cet endroit, le canal a une profondeur de 3 m et une largeur de 50 m, et sur une longueur de 3600 m il se trouve à une distance de 11 m au-dessus du sol. Il évacue 220 m³/sec. et comprend 910 km de canaux principaux, ainsi que 5400 km de canaux de distribution irriguant 600 000 hectares. Le capital de construction de 45 millions de roupies reçoit également un revenu de 14 %. Comme il s'était avéré que des entreprises privées, même celles de l'importance de l'East India Company, n'étaient pas aptes à se charger de la construction et de l'exploitation d'installations d'irrigation, le Gouvernement décida en 1866 de les financer lui-même et émit dans ce but divers emprunts. La construction de nouveaux canaux fut ainsi rendue possible, permettant de mettre successivement en culture les rives de l'Indus et du Gange moyen, ainsi que de vastes régions sur la côte orientale. Depuis 1903, la Commission indienne de l'irrigation s'occupe de l'étude, du financement et de l'entretien de presque toutes les installations d'irrigation, ce qui présente de grands avantages. L'aménagement le plus important qu'elle a créé est celui de Mettur où 2700 millions de m³ d'eau sont accumulés par le moyen d'un barrage de 53 m de hauteur. Il sert d'abord à alimenter une centrale hydro-électrique de 61 000 kW, puis à irriguer 93 000 ha. Le capital de construction s'est élevé à 68 millions de roupies portant intérêt à 1,78 %.



Fig. 41. — Attelage de bœufs puisant l'eau d'un puits (Deccan).

dite commission a constaté que sur la quantité de 3,5 billions de m³ de pluies qui tombent sur le territoire de l'Inde non divisée, les trois cinquièmes s'évaporent ou sont absorbés par le sol, alors que les deux autres cinquièmes s'écoulent à la surface. De cette dernière quantité, un septième environ est utilisé pour l'irrigation, les autres six septièmes s'écoulent dans les mers sans avoir été utilisés. On disposerait donc d'eau en quantité suffisante, et cependant, elle manque quand on en a besoin et elle menace la vie et les biens pendant la saison des pluies. D'autre part, l'augmentation de la population se chiffre à environ dix mille personnes par jour, d'où résulte un besoin supplémentaire croissant de biens de consommation.

Depuis la proclamation d'indépendance de l'Inde, on a cru un peu partout que la construction d'ouvrages d'irrigation pourrait procurer une base plus large à l'économie nationale. Des avant-projets pour environ cent cinquante aménagements ont donc été établis et soumis au Gouvernement central, accompagnés de demandes de crédits de construction. Parmi ces projets, dix ont été reconnus comme urgents et l'exécution en a été commencée entre temps. Les plus importants sont les aménagements de Bakhra-Nangal dans le Punjab et ceux de la vallée du Damodar dans le Bihar, le projet de Kosi à la frontière du Bihar et du Nepal, l'aménagement de la vallée du Mahanadi dans l'Etat d'Orissa avec le grand bassin d'accumulation d'Hirakud, le projet de Rama-padasagar dans l'Etat de Madras, les aménagements de Narbada et Tapti dans la province de Madhya et l'Etat de Bombay, le barrage de Rihand dans l'Uttar Pradesh, l'aménagement de Tungabhadra à la frontière entre les Etats de Madras et de Hyderabad, l'accumulation de Koyna au sud de Bombay et le projet de Gandak dans le Bihar. La surface irriguée du pays sera ainsi agrandie de 12 millions d'hectares. L'aménagement actuellement en cours de construction dans la vallée du Damodar, à 400 km à l'ouest de Calcutta, donne une idée de l'étendue et de l'exécution d'une telle tâche.

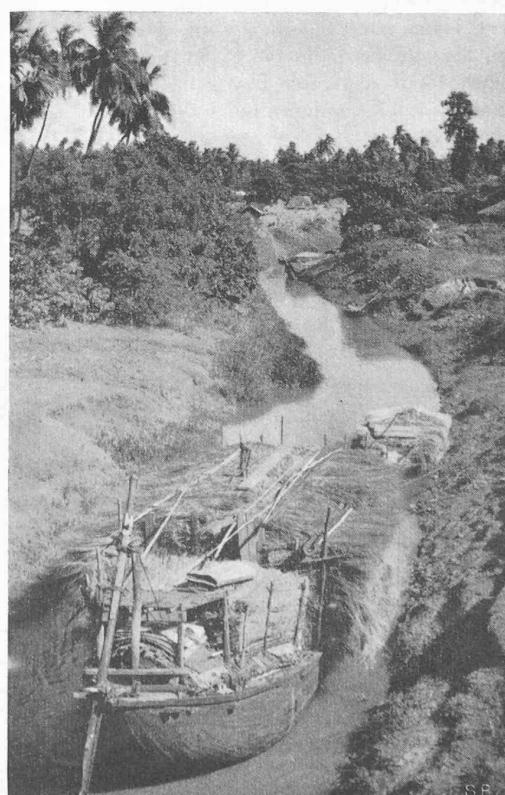


Fig. 5. — Navigation sur le Saraswati-Hana, près de Calcutta.

III. L'aménagement en cours de construction dans la vallée du Damodar

Le delta du Gange forme une mosaïque curieuse de parcelles de terrain entourées de tous côtés par des bras du fleuve. On ne connaît, dans la géographie terrestre, aucun autre estuaire d'une ampleur semblable. Cette disposition naturelle a incité les habitants du Bengale à donner, dans l'Epopée de Mahabharata, une spirituelle image mythologique de la genèse de ce paysage fluvial, image qui réjouit même le technicien moderne. On y lit que le roi Bhagirath, suivi de Ganga, cheminait à travers le pays. Alors que le prince s'arrêtait pour un rapide rafraîchissement, Ganga fut trompée par les sons de la conque de Padmati. Croyant entendre les appels de Bhagirath, elle suivit le cours du Padma en direction de l'est, mais s'apercevant plus tard de son erreur, elle revint en arrière. Aujourd'hui encore, le grand fleuve suit des appels trompeurs avant de se jeter dans le golfe du Bengale.

Selon une autre version, sept grands canaux ou « Hana » parallèles auraient été construits au temps de Bhagirath dans le delta du Gange. On croit les reconnaître dans des noms de fleuves. La nature par contre les a cachés, car la végétation et les variations des niveaux d'eau détruisent rapidement toute construction humaine qui n'est pas régulièrement entretenue. Le Sarasvati-Hana, par exemple (fig. 5), qui est un bras du grand fleuve à son embouchure, était navigable il y a un siècle, mais n'est plus aujourd'hui qu'un fossé rempli d'eau.

Des traditions orales nous apprennent que jadis, comme cela se pratiquait dans la vallée du Nil, les crues — par des brèches pratiquées dans les digues — furent dirigées intentionnellement dans les champs en vue de l'irrigation et de la fertilisation de ceux-ci. Cet état de chose fut modifié par les travaux de la construction de l'East Indian Railway et l'amélioration de la route « Grand Trunk Road » ainsi que par l'édition de divers nouveaux ouvrages installés le long du Damodar et du canal Eden. Ces derniers représentaient pour les inondations annuelles cinq obstacles que Sir William Willcocks, le maître de l'irrigation égyptienne, a appelés « les chaînes de Satan ». On peut rappeler à ce sujet que peu de temps après leur construction il se déclara au Bengale

Fig. 7. — Rivière de Barakar près de Tilaija, dans l'Etat de Bihar, exemple d'un lit de fleuve pendant la saison sèche.

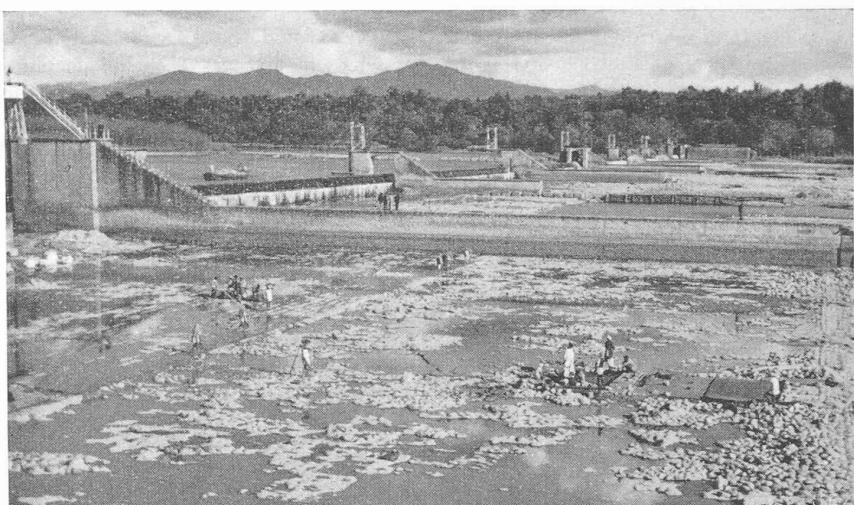
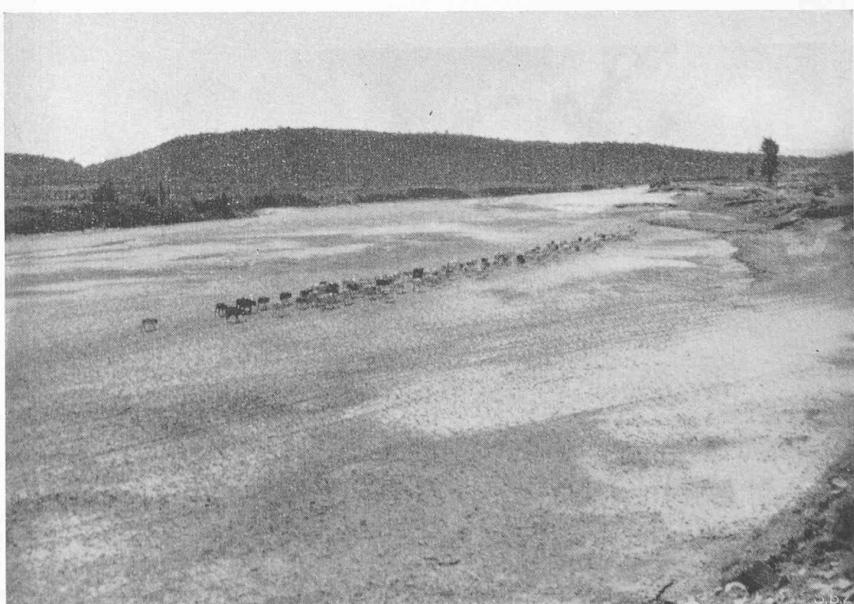


Fig. 4. — Barrage sur le Gange près de Hardwar pour l'ouvrage d'entrée du Canal du Gange.



Fig. 6. — Champ de riz sur les rives du Hooghly, près de Calcutta.



une épidémie de malaria causant, entre 1862 et 1882, la mort d'environ un million de personnes, c'est-à-dire de la moitié des habitants. C'est avec raison que le peuple considère que les hautes eaux, dont la teinte est d'un rouge brunâtre, lui apportent la santé. Cette constatation se base probablement sur le fait que les eaux déposent dans les champs de riz (fig. 6) des œufs de poissons et qu'ensuite les jeunes poissons mangent les insectes nuisibles. Selon une autre opinion, les larves d'insectes ne peuvent pas vivre dans les flots boueux. A la suite des interventions arbitraires de l'homme dans l'état d'équilibre créé par la nature, l'effectif des poissons a diminué, ce qui a porté préjudice à l'hygiène et à l'alimentation du peuple.

La plus récente catastrophe due aux crues se produisit au cours de l'été 1943 à la suite de la rupture d'une digue sur le Damodar, près de Burdwan. Une nappe d'eau de 2 m de hauteur recouvrit le pays et tout trafic par chemin de fer et par route fut interrompu de juillet à octobre, ce qui gêna considérablement l'envoi des renforts destinés au front de Birmanie. Un comité, nommé par le Gouvernement du Bengale en vue d'étudier la situation, recommanda de résoudre les problèmes posés dans la vallée du Damodar de la même manière que celle appliquée par l'Autorité technique de la vallée du Tennessee. Cette proposition fut acceptée et en 1945 le Gouvernement décida la création de l'Autorité de la vallée du Damodar. Les études de celle-ci, qui portent sur des parties importantes des Etats du Bihar et du Bengale, prévoient la création de plusieurs réservoirs en vue de régulariser et d'accumuler les crues de la mousson, ce qui permettrait de les utiliser pour l'irrigation, la production d'énergie et la navigation. Ces constructions exigeront des capitaux d'un montant de 750 millions de roupies ; étant projetées à buts multiples, 550 millions de roupies seulement seront à charge de l'irrigation, compte tenu d'une provision de 15 % pour augmentation des prix pendant les dix ans prévus pour leur réalisation. On espère pouvoir irriguer avec l'eau ainsi accumulée environ 400 000 ha supplémentaires et augmenter de 70 % le rapport des champs de riz, grâce à une deuxième récolte pendant la saison sèche. Comme l'engrais naturel sert de combustible, il sera toutefois nécessaire d'employer des engrains chimiques



Fig. 8. — Excavation des fondations pour le barrage de Konar I (Damodar Valley Authority).



Fig. 9. — Exploitation à l'air libre d'une couche de charbon de 50 m d'épaisseur dans une mine de Bokaro, vallée du Damodar, Etat de Bihar.

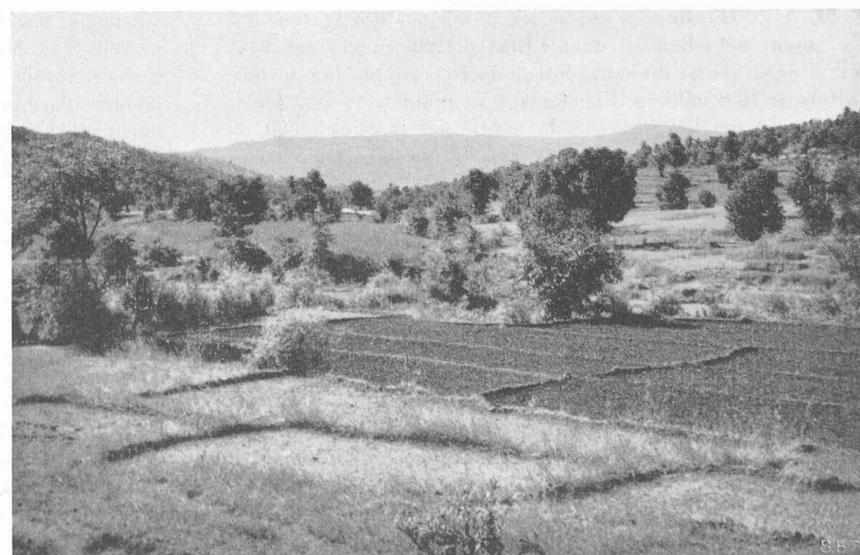


Fig. 10. — Plantations d'arachides dans la vallée de Koyna (Deccan), comme exemple de petite irrigation.

afin de maintenir la productivité des champs à un niveau suffisant.

Les travaux du barrage de Tilaija (fig. 7), avec centrale électrique de 6000 kW, et de Konar I avec centrale de 10 000 kW (éventuellement 40 000 kW) (voir fig. 8) sont actuellement en cours. Des plans d'exécution sont prêts pour les barrages de Maithon et de Panchet Hill au pied de chacun desquels des centrales de 40 000 kW sont projetées. Ces derniers aménagements comportent des bassins d'accumulation de 1360 millions de m³, respectivement de 1500 millions de m³, qui sont destinés en premier lieu au contrôle des crues. En outre, le bassin du Damodar contient de riches gisements de charbon dans les montagnes dénudées de Gondwana. Le combustible, extrait à l'air libre dans des couches d'une hauteur de 50 m (fig. 9), sera utilisé dans la centrale thermique de Bokaro dont l'équipement en cours sera de 150 000 kW en première étape et de 200 000 kW ultérieurement. Cette centrale thermique sera alimentée en eau à raison de 12 m³/sec. par l'accumulation de Konar I dont la capacité est de 370 millions de m³. Ce réservoir peu profond subit des pertes sensibles par évaporation, de 1800 mm par an. La vallée du Tennessee avait aux Etats-Unis la réputation d'être «le pays du pauvre Blanc». En Inde, on appelle la vallée du Damodar «la vallée des soucis»; dans ces deux régions en effet, le sol a été livré à l'érosion à la suite de déboisements incompréhensibles. C'est pourquoi la nouvelle Autorité de la vallée du Damodar se propose également d'améliorer le sol et d'installer de nouvelles colonies, en déplaçant des populations excédentaires qui y exercent de petites industries. Ces derniers projets ont donné lieu à l'étude de conditions comparables à celles régnant dans le Jura suisse. On doit admirer les personnalités qui ont le courage d'établir des plans d'une telle ampleur. Ils peuvent dire avec Faust vieillissant :

Eröffn' ich Räume vielen Millionen,
Nicht sicher zwar, doch tätig frei zu wohnen...
Im Vorgefühl von solchem hohen Glück
Geniess ich jetzt den höchsten Augenblick.

IV. Expériences récentes au sujet de l'irrigation en Inde

Dans le cadre du présent article, nous ne pouvons que citer quelques renseignements fournis par des rapports présentés au Congrès.

M. J.-C. Hardikar a étudié les problèmes d'irrigation qui se posent actuellement dans l'Etat d'Hyderabad : cet Etat est situé au centre du haut plateau du Deccan. Sur une surface totale de 10,8 millions d'hectares, 0,75 millions ou 7 % seulement sont irrigués ; environ la moitié des terrains reçoit de l'eau en provenance de 33 000 réservoirs alimentant chacun une surface variant entre 4 et 200 ha. Au cours des trente dernières années, quarante-cinq petits systèmes d'irrigation ont été établis, ainsi que deux installations importantes, chacune d'elles desservant un huitième de la surface indiquée plus haut. En outre, deux nouveaux grands aménagements sont en construction à Tungabhadra et Rajulbanda et permettront d'irriguer 280 000 et 40 000 ha. Un quart de la surface irriguée reçoit de l'eau provenant de puits où elle est puisée presque exclusivement à l'aide d'attelages de bœufs. Les moyens d'irrigation primitifs prédominent. La population est laborieuse et le pays salubre.

Les aménagements modernes sont à réaliser compte tenu de problèmes qui relèvent de la science et du droit.

Lorsqu'il s'agit de rivières formant frontière entre deux Etats, c'est le Gouvernement central qui est compétent en ce qui concerne leur utilisation, la régularisation des crues et le partage des droits d'eau, toutes questions qui appellent la promulgation de lois. Il y a lieu de tenir compte très exactement des données hydrauliques. Ainsi, par exemple, on s'est basé pour les cultures de riz sur une consommation de 0,00008 lt/sec./m². Toutefois, ce chiffre correspond à la quantité d'eau totale nécessaire sur place par m² de champ. 0,000063 lt/sec./m² à l'entrée du canal de distribution et 0,000054 lt/sec./m² à l'entrée du canal principal suffisent. Par contre, les coefficients de rugosité des canaux se sont révélés plus défavorables que ceux admis à l'origine. D'après Kutter, on avait coutume d'appliquer la valeur de 0,02 — au lieu de 0,03 — aux profils rocheux, et celle de 0,021 — au lieu de 0,025 — aux profils argileux, ce qui provoqua des pertes d'environ un tiers du débit d'eau escompté. Par ailleurs, il y a lieu d'établir pour les champs à irriguer un plan de culture déterminant séparément les zones d'irrigation intensive, légère ou nulle. Dans ce but, il est nécessaire de représenter topographiquement l'épaisseur de la terre arable appelée Muram. Une couche de terre végétale d'une épaisseur de 45 à 120 cm convient très bien aux cultures à irriguer. S'il y a trop peu d'humus, des pertes d'eau inutiles s'ensuivent ; s'il y en a trop, il en résulte la formation de marais et d'une trop forte salure du terrain. Les nettoyages des canaux ne devraient être exécutés que de façon intermittente, car ces opérations entraînent une diminution de la production des champs de riz. L'irrigation permet une plus grande densité de la population et une augmentation de cette dernière par des apports de personnes venant d'autres régions. Les dépenses faites dans le but d'obtenir de nouveaux terrains cultivables par le moyen de l'irrigation ne devraient pas être supérieures à 1250 roupies par hectare pour les capitaux placés à fonds perdus, et à 750 roupies par hectare pour les capitaux portant intérêt. Ces montants ne comprennent pas de dépenses d'ordre social (1 roupie = Fr. s. 0,92).

M. A.-G. Maydeo a rapporté sur des tâches analogues intéressant l'Etat de Bombay. Celui-ci a le plus grand besoin d'irrigation et bénéficie de possibilités favorables dans les vallées de Maharashtra, situées dans la partie centrale de l'Etat. Là aussi les puits prédominent ; de plus, il existe des bassins d'une certaine importance pouvant recueillir les pluies de la mousson, ainsi que de petits barrages qui emmagasinent l'eau des rivières ; en cas de sécheresse, ces dispositions sont complétées par un grand nombre d'étangs aménagés par la population des villages. Mais ces divers moyens permettent de desservir à peine le 5 % de la surface totale cultivable dans l'Etat de Bombay et les besoins d'accumulation d'eau augmentent constamment. Le bassin de Khadakwasla, créé en 1875, ne peut absorber que 15 % du débit annuel minimum. On projette d'augmenter son volume à sept fois sa capacité actuelle. Selon une opinion généralement répandue, les dimensions d'un bassin d'accumulation doivent être telles qu'il puisse, selon toute probabilité, être rempli annuellement jusqu'aux $\frac{14}{15}$ et même aux $\frac{19}{20}$ de sa capacité. Le programme de labourage des champs ne peut être arrêté qu'à la fin de la période de la mousson, c'est-à-dire le 15 octobre, lorsque l'on connaît les réserves en eau existantes. Le second ensemencement de l'année a ensuite lieu et produit la récolte d'hiver qui est faite à fin février. L'excédent d'eau est utilisé alors soit pour des semences de fourrages, soit pour des semences précoces de riz ou de coton. Si l'exploitation des terrains est judicieuse, il ne doit plus rester d'eau disponible au moment des pre-

mières chutes de pluies au début de juin. Ces estimations peuvent toutefois être modifiées par divers facteurs, tels que les apports d'eau pendant la saison sèche et les pertes causées par l'évaporation et l'infiltration. Ces pertes varient, pour des canaux d'une longueur de 50 à 160 km avec des débits de 5 à 27 m³/sec., entre 20 % et 50 % du débit à l'entrée du canal. La consommation d'eau est calculée sur les bases suivantes : canne à sucre = 1, riz = 1, cultures continues durant toute l'année = $\frac{1}{3}$, irrigation intensive pendant deux périodes de croissance de culture = $\frac{1}{2}$, pendant une seule période de croissance de culture = $\frac{1}{3}$, irrigation avant ou après une période de croissance de culture = $\frac{1}{12}$. Pour tenir compte de la possibilité d'un retard dans l'arrivée de la mousson, il faudrait toujours pouvoir disposer d'une réserve permettant d'aller jusqu'au 5 et même jusqu'au 10 juin.

Les terrains irrigués sont menacés d'un danger grave : la formation de marais par suite de l'élévation du niveau de la nappe souterraine. Les canaux et champs en pente, surtout les plantations de cannes à sucre, peuvent perdre jusqu'à 50 % de leur eau par suite d'infiltrations. Si des couches étanches, comme le Muram, se trouvent près de la surface, il se produit une augmentation de la salure du terrain en raison de l'évaporation. Il s'agit là généralement de sulfates ou de sel ordinaire. On peut remédier à cet inconvénient par des canaux de drainage qui sont toutefois à établir peu après les canaux d'irrigation et non pas au moment où les marais se sont déjà formés. Le revêtement des canaux d'irrigation est une opération rentable. La longueur des dits canaux est à diminuer au strict minimum en réunissant les champs irrigués. On peut admettre que, dans chaque communauté de village, un tiers environ de la surface cultivée est irrigué. Les canaux sont également menacés d'être envahis par la végétation. Dans un cas particulier, celle-ci a été si forte qu'elle a provoqué en l'espace de trois mois une diminution du débit de 8 à 2,5 m³/sec. Jadis, on vidait le canal et on arrachait les plantes. Actuellement, on lutte contre cet envahissement en faisant passer de l'eau trouble, ou en augmentant la vitesse de l'eau à plus de 0,6 m/sec., ou encore en établissant un courant d'eau intermittent. En effet, d'une part les plantes aquatiques ne peuvent pas se développer dans l'eau boueuse, et d'autre part elles périssent si elles sont exposées à plusieurs reprises à la sécheresse. On constate à nouveau chaque jour qu'il faut enseigner aux propriétaires l'art de se servir de l'irrigation, ce qui peut se faire de façon convenable à l'aide d'exploitations-modèles. Dans ce but, il faut tout d'abord intensifier les cultures indigènes, puis introduire progressivement les plantes étrangères. Dans les régions à cultures parcellées, il faut également procéder à un remaniement et à un regroupement des champs irrigués.

M. R.-C. Hoon, directeur à l'Institut de recherches d'Hirakud, a présenté un travail sur l'irrigation et l'amélioration du sol dans les régions sèches et semi-sèches, en étudiant plus particulièrement la nature physico-chimique des sols. Déjà en 1876, le problème de la salure des champs et de la diminution de leur productivité a été soumis, dans le Punjab, à une commission qui en a attribué la cause à l'excédent d'eau amené par les canaux modernes. Ce danger ne pouvait être constaté avec les anciennes alimentations au moyen d'eau de puits, car les quantités fournies par ceux-ci n'étaient pas assez importantes pour pénétrer jusque dans les couches salées du terrain, de sorte qu'aucune compensation ne pouvait s'établir entre l'infiltration et l'évaporation. Il a été calculé par exemple qu'un sol fortement salé pouvait contenir, dans une couche d'humus de 3 m de profondeur, 250 tonnes de sel par hectares qui ne pourraient être dissoutes qu'au bout de

deux cents années. Des dépôts de sel au-dessous de cette profondeur ne peuvent plus nuire à la végétation si ils ne se déplacent pas. Ils peuvent cependant s'élever par suite d'évaporation et même apparaître à la surface. Dans des terrains irrigués, la salure excessive se présente dans des endroits localisés, alors que dans une région non irriguée, elle est répartie plus régulièrement dans la couche superficielle. Le dépôt du sel dans la terre dépend principalement du genre de la végétation et de la saison. Dans les plantations de coton, le sel se fixe à une profondeur d'environ 2 m d'où il peut remonter après l'ensemencement de cultures plus sèches, par exemple de froment. Sous les champs de riz, le sel se dépose à une certaine profondeur et n'en remonte plus. D'une façon générale, ce danger est plus grand pour les « rabi » ou semences plutôt sèches du milieu d'octobre au milieu d'avril, que pour les « kharif », ou semences d'été plutôt humides, du milieu d'avril au milieu d'octobre. La canne à sucre est particulièrement indiquée pour dessaler un terrain, car cette plante prospère également en cas d'irrigation excédentaire et supporte un sol fortement salé sans diminution de la récolte. Le riz peut également être planté afin d'activer l'élimination du sel. Le premier symptôme d'une amélioration du sol est la reprise de l'activité des bactéries qui favorise la fertilité.

V. Les Instituts de recherches indiens pour la technique de l'irrigation

Les grands aménagements d'irrigation du XIX^e siècle ont été créés en Inde avant qu'apparaisse la recherche scientifique dans le domaine de l'hydraulique et de la technique d'irrigation. Ils sont la preuve d'une magnifique audace qui fut couronnée de succès là où l'auteur du projet avait su se soumettre aux lois de la nature. Les erreurs commises durent être corrigées avec l'aide du temps et des connaissances acquises. Entre 1863 et 1886 on a édité à Roorkee des publications relatives aux débits des canaux en terre, à des procédés de mesure pour la distribution d'eau et aux formes à donner aux ouvrages hydrauliques. Cunningham a publié, de 1874 à 1879, des règles pour la mesure des débits et des vitesses et Kennedy développa en 1895 une formule donnant la vitesse d'écoulement en fonction de la profondeur de l'eau. Des travaux de ce genre furent inspirés par le besoin, à la suite d'essais isolés, de disposer de connaissances plus exactes. Le premier laboratoire d'essais hydrauliques fut fondé en 1916 par le Département des travaux publics à Bombay dans le but de procéder à des études sur l'amélioration du sol. Depuis 1937, ce laboratoire dépend du Gouvernement central. Il est installé au pied du barrage de Khadakvala. Jusqu'à présent, on y a effectué plus de 1500 essais s'étendant à tous les domaines de l'hydraulique et des branches annexes. Dans le Punjab, les problèmes posés par la formation des marais et l'augmentation de la salure provoquèrent la création d'un institut de recherches qui fut ouvert à Lahore en 1925, avec terrains d'essais à Malikpore, près de Pathankot. Actuellement, ses bureaux sont à Amritsar pour l'étude du projet de Bhakra-Nangal. Ce laboratoire exécute également des commandes venant de l'étranger, comme par exemple l'étude des ouvrages de protection contre les crues de l'Euphrate. D'autres laboratoires du même genre sont ceux que possèdent les Provinces Unies (Uttar Pradesh), à Bahadarabad près de Roorkee, Bengale occidental, à Galsi et Belghoria, Etat de Mysore, à Krishnarajagigar, celui de Madras à Poondi, ainsi que celui de l'Etat de Hyderabad. L'Inde a accompli un

travail de pionnier en ce qui concerne les études de canaux en sol alluvionnaire qui ne doivent ni être comblés ni subir des érosions, comme aussi en ce qui concerne la théorie de l'affouillement des fondations d'ouvrages hydrauliques et la forme à donner aux bassins de destruction d'énergie. Le financement de tels travaux est fait exclusivement par le Gouvernement qui emploie dans ce but annuellement un montant de 2 à 3 millions de roupies. L'activité de ces laboratoires porte principalement sur l'hydraulique appliquée, leur budget ne leur permettant pas de s'occuper de la recherche pure.

Après les séances du Congrès d'ingénieurs, les participants ont eu l'occasion de visiter les installations de Malikpore-Amritsar, Bahadarabad-Roorkee, Khadakvasla-Poona et Belghoria. Dans ces laboratoires, les essais sont effectués à l'air libre et on dispose largement d'eau et de vastes terrains d'essais, ce qui n'est pas toujours le cas en Europe. Les mesures sont toutefois exposées aux influences des agents atmosphériques. Il est évident que les problèmes indiens, par suite de leurs particularités, ne peuvent être étudiés que sur place, ce qui exige et justifie précisément l'activité de plusieurs laboratoires d'essais.

VI. Commission internationale pour l'irrigation et le drainage

La particularité et l'importance de ces problèmes ont éveillé chez les fonctionnaires de l'Inde libre le désir d'un échange de vues et c'est pourquoi ils ont proposé la création d'une Commission internationale de l'irrigation et du drainage. Les délégués officiels de trois Etats et les observateurs de douze autres Etats, dont la Suisse, et de deux organisations internationales, prirent part à une assemblée d'orientation tenue le 21 avril 1950 à Simla. Cette réunion fut présidée par M. A.-N. Khosla, ingénieur, président de la Commission centrale indienne pour les aménagements hydro-électriques, l'irrigation et la navigation (C. W. I. N. C.). L'organisation qui fut créée à cette occasion a pour but de favoriser, par la coopération internationale, le développement de la science et de la technique et leurs applications aux problèmes de l'irrigation et du drainage. Ses études portent sur les projets, le financement et l'économie des travaux concernant l'irrigation de déserts et de steppes, l'assèchement de marais et la diminution de la salure des couches d'humus.

Le champ de travail de ce nouveau congrès est si vaste qu'il pourrait prochainement dépasser celui du Congrès des grands barrages, car un grand nombre des problèmes qu'il doit étudier font partie des devoirs les plus importants de l'Etat.

Les habitants d'une zone tempérée peuvent, eux aussi, tirer parti d'une telle activité, aussi une participation de la Suisse est-elle indiquée. C'est pourquoi, deux douzaines de personnes ont créé, à Berne, le 18 décembre 1951, le Comité national suisse pour l'irrigation et le drainage qui réunit, de même que le Comité national suisse des grands barrages, les représentants des offices fédéraux et cantonaux, des écoles polytechniques ainsi que des associations professionnelles et des particuliers. Les travaux de ces deux organisations internationales ne feront nullement double emploi et pour en faciliter l'organisation et la participation, il est prévu qu'elles tiendront leurs assemblées aux mêmes dates et aux mêmes lieux.

Bâle, le 12 juin 1951.

VII. Bibliographie

- Irrigation Research in India*, publié par le Central Board of Irrigation, Popular Series, Second Edition, Leaflet No. 2.
- Present Day Problems in Irrigation and Drainage* (Bombay, Inde), par A.-G. MAYDEO, Commission internationale pour l'irrigation et le drainage, 1^{er} Congrès New Delhi 1951, Rapport No 1, Question 2.
- Present Day Problems in Irrigation* (Etat d'Hyderabad), par J.-C. HARDIKAR, Commission internationale pour l'irrigation et le drainage, 1^{er} Congrès New Delhi 1951, Rapport No 9, Question 2.
- Irrigation and Soil Reclamation in Acid and Semi-Acid Regions — A Study of the Physico-Chemical Aspect of Soil Behaviour*, par R.-C. HOON, Commission internationale pour l'irrigation et le drainage, 1^{er} Congrès, New Delhi 1951, Rapport No 2, Question 2.
- Review of Irrigation Development and Practice in India*, par S.-L. MALHOTRA et R.-P. AHUJA, Commission internationale pour l'irrigation et le drainage, 1^{er} Congrès New Delhi 1951, Rapport No 3, Question 1.
- Co-operation in Irrigation* (Past and Present), imprimé par Cotton Press, Calcutta.
- The Restoration of the Ancient Irrigation of Bengal*, par Sir WILLIAM WILLCOCKS, Conférence faite au British India Association Hall, Calcutta, 1928.
- Romance of the Rivers of the Gangetic Delta*, par le Dr G.-C. CHATTERJEE, décembre 1930, imprimé par « The Central Co-operative Anti-Malaria Society Ltd. », Calcutta.
- Damodar Valley*, Multipurpose Projects in India, édité par Publications Division, Ministry of Information and Broadcasting, Government of India, Delhi.
- The Damodar Valley Project*, par le professeur S.-C. BOSE, septembre 1948.
- First Congress New Delhi India (January) 1951*, Bulletin du 15 août 1950, publié par la Commission internationale pour l'irrigation et le drainage.
- Asien*, par H. HARMS, rédigé par le Dr Kurt Brüning, troisième volume, première partie, 1936.

LES CONGRÈS

Deuxièmes journées de l'hydraulique

Grenoble, 25-27 juin 1952

La Société hydrotechnique de France organise les deuxièmes Journées de l'Hydraulique, qui auront lieu à Grenoble du mercredi 25 juin au vendredi 27 juin inclus.

Le sujet principal étudié au cours de ces Journées sera :

Le transport hydraulique et la décantation des matériaux solides

avec les subdivisions suivantes :

- Application des théories générales au transport hydraulique des matériaux.
- Transport des matériaux solides en conduites.
- Décantation et filtration des matériaux solides :

- a) dans les systèmes en charge;
- b) dans les systèmes à écoulement libre.

Ces trois Journées seront suivies de visites d'ateliers de construction, de laboratoires, de stations expérimentales sur le terrain et d'aménagements hydroélectriques, qui auront lieu les 28 et 29 juin.

Les personnes désireuses de présenter des mémoires ou de prendre part aux discussions de ces Journées devront adresser leur demande à la Société hydrotechnique de France.

Un résumé en trois exemplaires du mémoire proposé devra être soumis le plus tôt possible. Les mémoires acceptés devront être remis *in extenso* en dix exemplaires avant le 1^{er} mai 1952.

Toutes les demandes de renseignements et de bulletins d'inscription peuvent être adressées, dès maintenant, à la Société hydrotechnique de France, 199, rue de Grenelle, Paris (7^e). Téléphone Inv 43-37.