

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 78 (1952)
Heft: 3

Artikel: Impressions du quatrième congrès des grands barrages
Autor: Gicot, H. / Bolens, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58984>

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

Paraissant 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
de « *Bulletin technique* »
Librairie Rouge & Cie
S. A., Lausanne
Compte de chèques pos-
taux II. 5775, 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. Latelin, 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 475, 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

Annances Suisses S.A.



5 Rue Centrale. Tél. 223326
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : Impressions du IV^e Congrès des Grands Barrages, New-Delhi 1951 : *Les travaux du Congrès de New-Delhi*, par H. GICOT, ing. conseil; *Quelques aspects de l'électrification de l'Inde*, par F. BOLENS, directeur de la Société générale pour l'industrie, Genève. — Société suisse des ingénieurs et des architectes: *Procès-verbal de la 62^e assemblée générale de la S. I. A.* — Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes: *Groupe d'étude pour les questions sociales*. — NÉCROLOGIE: *Edouard Chastellain, ingénieur*. — DIVERS: *Union suisse des éclairagistes*. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — INFORMATIONS DIVERSES.

IMPRESSIONS DU QUATRIÈME CONGRÈS DES GRANDS BARRAGES

NEW-DELHI 1951

AVANT-PROPOS

Depuis que l'Inde a conquis son indépendance, elle n'a pas cessé de retenir l'attention du monde, et particulièrement de notre pays. L'activité de son gouvernement sur le plan politique, ses efforts sur le plan économique sont suivis chez nous avec intérêt et sympathie.

Au cours de ces dernières années aussi, de nombreux ressortissants de l'Inde ont visité la Suisse, et leur costume national, surtout les éclatants « sarees » des dames, nous sont devenus familiers.

Aussi, lorsque fut décidé à Stockholm, en 1948, lors du III^e Congrès des Grands Barrages, que le IV^e Congrès aurait lieu en 1951 à New-Delhi, un vif intérêt se manifesta-t-il dans les milieux techniques de notre pays. C'est ainsi que neuf ingénieurs suisses firent, en janvier 1951, le voyage de New-Delhi, où trois de nos compatriotes établis dans l'Inde se joignirent à eux pour participer au Congrès.

S'inspirant de ce qui avait été fait en 1948 par quelques participants au Congrès de Stockholm¹, quelques délégués au Congrès de New-Delhi se sont réparti la tâche de faire connaître ce qu'ils ont vu dans l'Inde au point de vue technique. L'exposé qui suit comprend quatre parties : après une brève relation des travaux du Congrès, un chapitre est consacré à quelques aspects de l'électrification de l'Inde, exposés par M. Bolens, directeur

de la Société Générale pour l'Industrie, à Genève. M. Edouard Gruner, ingénieur-conseil à Bâle, traite des problèmes d'irrigation, tandis que M. Mirko Robin Roš, ingénieur-conseil à Zurich, s'est attaché aux aspects particuliers de la grande construction dans l'Inde.

H. GICOT, ingénieur-conseil
président du Comité national suisse
des Grands Barrages.

Les travaux du Congrès de New-Delhi

par H. GICOT, ing. conseil

Le IV^e Congrès des Grands Barrages s'est tenu à New-Delhi, du 10 au 16 janvier 1951, en même temps qu'une session partielle de la Conférence mondiale de l'Énergie et que le premier Congrès de la Commission internationale de l'Irrigation et des Drainages, récemment créée. Ce triple congrès avait été précédé d'une session de l'Association internationale pour les recherches hydrauliques, qui eut lieu à Bombay, du 2 au 5 janvier 1951.

Les langues officielles du congrès étaient l'anglais et le français. Trente-quatre pays étaient représentés. Ils groupaient environ 650 participants, dont la moitié à peu près étaient ressortissants de l'Inde.

¹ Voir le *Bulletin technique* du 4 décembre 1948 et la *Schweizerische Bauzeitung* du 25 décembre 1948.

Après la séance d'ouverture, qui eut lieu solennellement le 11 janvier 1951 dans l'immense salle du Parliament House de New-Delhi, les séances de discussion durèrent du 12 au 16 janvier.

La Commission internationale des Grands Barrages avait mis à l'ordre du jour les quatre questions suivantes :

1. Méthodes pour la détermination des débits maxima en crue à prévoir pour un barrage et pour lesquels il y a lieu de le calculer. Choix du type et de la disposition générale des ouvrages évacuateurs temporaires ou permanents et des déversoirs et détermination de leurs capacités.
2. Projets et construction des barrages en terre et en enrochements, avec leurs écrans et leurs diaphragmes.
3. Sédimentation des réservoirs et problèmes connexes.
4. Le béton dans les grands barrages.

Sur la première de ces questions, quarante-deux rapports avaient été présentés. Ces rapports, et les discussions dont ils furent l'objet, montrèrent que le sujet est loin d'être épuisé et qu'il mérite d'être porté à nouveau à l'ordre du jour, spécialement en ce qui concerne les méthodes de détermination des débits maxima de crue. Le rapporteur général conclut que les formules empiriques servant à déterminer le maximum probable de débit varient considérablement de pays à pays et même de région à région dans un même pays. Il estimait que la méthode italienne, consistant à déterminer la courbe de débit maximum pour chaque chute fluviale de quelque importance, d'après les observations faites dans des bassins semblables, fournit au calcul la base la plus rationnelle et la plus solide.

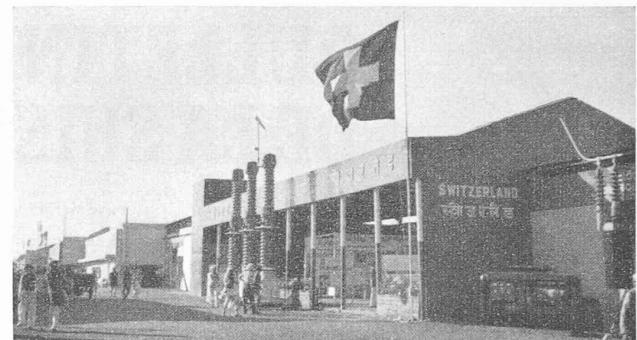
Vingt-trois rapports avaient été présentés sur la question des barrages en terre et en enrochements. Les conclusions qui furent dégagées pour les barrages en terre étaient les suivantes :

1. La solution du problème des infiltrations dépend du but poursuivi, qui peut être soit d'assurer simplement la stabilité de l'ouvrage, soit de conserver le plus d'eau possible dans la retenue.
2. La pression interstitielle est un facteur capital de la stabilité des digues. Les opinions émises à son sujet sont diverses et ne pourront être conciliées que par des observations plus complètes,
3. Les règles à appliquer dans la construction des ouvrages en terre doivent être souples, afin de s'adapter aux conditions particulières à chaque site.

Pour les barrages en enrochements, l'opinion qui domine est que les diaphragmes en béton peuvent être remplacés par un noyau central en terre imperméable. On estime aussi possible d'éliminer pratiquement le tassement des enrochements sur fondations solides, moyennant certaines précautions d'exécution.

La question de la ségrégation dans les réservoirs et problèmes connexes avait suscité seize rapports. Parmi les moyens préconisés pour combattre l'envasement, il faut mentionner particulièrement les courants de densité, qui ont déjà fait l'objet d'études d'un vif intérêt de la part d'ingénieurs américains et plus particulièrement d'ingénieurs français. Certains auteurs ont insisté sur la protection constituée par les forêts et sur les nécessités de la reforestation. D'une manière générale, le Congrès a estimé que l'étude de l'engravement des réservoirs et des moyens de lutte doit être poursuivie avec continuité.

Enfin, la question des bétons pour grands barrages, sur laquelle trente rapports furent présentés, avait particulièrement attiré l'attention des ingénieurs sur le problème de la fissuration. Sur ce point, il est apparu, une fois de plus, que la chaleur d'hydratation demeure un sujet de préoccupation pour les constructeurs.



Pavillon suisse de l'Exposition organisée en marge du Congrès à New-Delhi.

Deux solutions ont été particulièrement discutées en détail : la réduction du dosage en ciment et l'emploi de produits pouzzolaniques ou de ciment à fort pourcentage de laitier. Les opinions les plus diverses se sont fait jour sur le dosage minimum de ciment. Entre l'opinion de quelques ingénieurs américains qui préconisent une forte réduction du dosage du ciment dans les barrages en gros béton, moyennant un contrôle vigilant des agrégats, et l'emploi de produits entraîneurs d'air, et celle des ingénieurs suédois, partisans d'un dosage élevé, se situe une opinion moyenne. D'après cette dernière, il convient d'essayer de diminuer le dosage en ciment, mais en agissant avec une grande prudence et en étudiant soigneusement le comportement du béton maigre, dans toutes les conditions auxquelles le barrage peut se trouver exposé. Cette étude ne doit pas se limiter au laboratoire, mais faire usage des observations sur les ouvrages en service. Le Congrès a estimé que ce problème devrait être repris ultérieurement. D'autre part, le Sous-comité international du Béton estime qu'il convient d'encourager les recherches relatives à l'emploi du ciment pouzzolanique, des chaux à pouzzolane et des ciments de laitier.

Pour sa session partielle, la Conférence mondiale de l'Energie avait mis à l'ordre du jour la discussion des thèmes suivants :

Sujet 1 : L'utilisation de l'électricité dans l'agriculture.

Sujet 2 : La coordination de l'expansion de l'industrie et du développement des ressources en énergie.

Dans le cadre du premier sujet, les questions traitées étaient :

Section a) l'électricité et l'irrigation ; b) l'électricité dans les fermes ; c) l'électricité au foyer ; d) l'électricité et la transformation des produits agricoles ; e) l'électricité et les engrains.

Les questions étudiées pour le sujet 2 étaient :

Section a) l'énergie et l'industrie à domicile ; b) l'énergie et l'industrie légère ; c) l'énergie et l'industrie lourde ; d) l'énergie et la traction (chemins de fer et autres moyens de transport) ; e) l'énergie et les mines.

Six séances furent consacrées à la discussion des quarante-quatre rapports présentés.

Il n'y a pas eu de conclusions générales de ces rapports, car la Conférence mondiale de l'Energie n'a pas coutume de formuler de telles conclusions.

Ainsi que nous l'avons dit, New-Delhi était en même temps le siège du premier Congrès de l'Irrigation et des Drainages. Vingt-quatre pays y étaient représentés, dont dix-huit Etats membres de la nouvelle Association et six en qualité d'observateurs. Le programme de travail s'étendait à deux questions :

1. « Caractère et situation de l'irrigation dans les pays membres de l'Association. »
2. « Tâches actuelles dans le domaine de l'irrigation et des drainages. »

Vingt-deux rapports avaient été présentés, dont la plupart émanait de l'Inde, de la Yougoslavie et du Japon.

Après les séances de discussion, coupées le dimanche 14 janvier par une excursion à Agra, environ trois cents participants, répartis dans deux trains spéciaux, quittèrent Delhi le 16 janvier au soir pour entreprendre le long voyage d'études. Ce voyage les conduisit tout d'abord au nord, jusqu'à Pathankot, en passant par Amritsar, puis à l'est, jusqu'à Calcutta en passant par Hardwar et Bénarès. De Calcutta, l'itinéraire traversait toute la péninsule indienne de l'est à l'ouest, en passant par Tatanagar et Nagpur jusqu'à Poona près de Bombay. De Poona, le voyage conduisit les participants vers le sud, par Guntakal, jusqu'à Bangalore, et de Bangalore à Mysore, où ils arrivèrent le 1^{er} février après seize nuits passées en chemin de fer.

La séance de clôture, à Mysore, fut entourée d'un éclat particulier. Elle fut honorée de la présence de S. A. le Mahāradjah de Mysore et se déroula avec un cérémonial tout oriental auquel les congrès précédents ne nous avaient pas accoutumés.

* * *

A l'occasion du Congrès, le « Central Board of Irrigation » avait organisé à Delhi une Exposition internationale de technique hydraulique. Cette exposition, qui eut un grand succès et qui reçut 1 500 000 visiteurs, fut ouverte jusqu'au 18 mars 1951.

Un petit comité d'organisation avait été formé en Suisse, avec la collaboration des milieux particulièrement intéressés, en vue de l'organisation d'un pavillon suisse. Grâce à l'appui efficace de notre légation à New-Delhi, qui représenta avec beaucoup de dévouement les intérêts des exposants, grâce aussi à la compétence de la Maison Volkart qui assura l'expédition du matériel d'exposition, sa réception et son aménagement, la Suisse avait réussi à mettre sur pied un pavillon d'exposition digne d'attention conçu suivant la formule thématique déjà utilisée à notre Exposition nationale de 1939. On se rappelle d'ailleurs que la partie éducative du pavillon suisse a été exposée l'automne dernier à Lausanne et à Zurich.

Il convient de souligner le travail énorme que le Comité national indien, appuyé par son gouvernement, a dû accomplir pour assurer le succès du triple Congrès, du voyage d'études et de l'exposition.

L'impression dominante que les participants au Congrès ont emportée de l'Inde, est celle du très grand effort fait par le Gouvernement indien pour résoudre les problèmes essentiels qui se posent à lui et, particulièrement, pour créer les ouvrages qui permettront d'accroître les possibilités d'irrigation tout en mettant en valeur les forces hydrauliques, afin de chasser le spectre de la famine et d'élever le niveau de vie de son peuple.

Les participants à ce Congrès garderont aussi l'impression qu'il est réconfortant, en notre temps de guerre froide, de méfiance et de suspicion, de voir les spécialistes de si nombreux pays apporter leur concours et le fruit de leurs études pour chercher à améliorer le sort des hommes.

Quelques aspects de l'électrification de l'Inde

par F. BOLENS, directeur de la Société générale pour l'industrie, Genève

Il ne saurait être question d'exposer, dans le cadre de cet article, la situation de l'électrification de l'Inde dans son détail. Il convient, en effet, de rappeler que ce pays couvre une superficie de plus de 3 millions de km² et pourrait ainsi contenir approximativement tous les Etats européens situés à l'ouest du Rideau de fer. En outre, non seulement en raison de l'échelle des problèmes posés, mais également à cause de conditions locales très particulières, les solutions adoptées jusqu'à ce jour ou envisagées pour l'avenir sont assez différentes de celles que l'on a coutume de voir réaliser dans notre continent.

Bref historique

C'est en 1897 qu'est apparue la première centrale hydroélectrique en Inde. Il s'agissait d'une petite usine de 200 kW pour l'éclairage de la ville de Darjeeling, à l'extrême nord du Bengale occidental¹. En 1902, une deuxième usine est installée, équipée avec 4500 kW (actuellement 59 200 kW) sur le Cauvery, dans l'Etat de Mysore, pour l'alimentation des mines d'or de Kolar, situées à une distance de 250 km.

Le développement des centrales hydroélectriques pendant la première moitié du XX^e siècle est lent, puisqu'à fin 1949 la puissance installée en Inde n'est que de l'ordre de 560 000 kW. Ainsi donc, pendant cette première période d'un demi-siècle, l'Inde, soixante-quinze fois plus grande que la Suisse, n'a installé que le quart environ de ce qui a été fait dans notre pays.

Il est vrai qu'à ces centrales hydroélectriques s'ajoute un certain nombre de centrales thermiques dont la puissance totale atteignait environ 980 000 kW à fin 1949.

La courbe de la figure 1 montre le développement de la puissance installée en Inde tant dans les centrales hydroélectriques que dans les centrales thermiques.

Etat actuel de l'électrification de l'Inde

D'après les statistiques publiées par la Central Electrification Commission, le nombre des villes et villages alimentés en énergie électrique à fin 1949 se présente comme suit :

¹ Voir figure 1, à l'un de nos prochains numéros, de l'article « Problèmes de l'irrigation en Inde ».

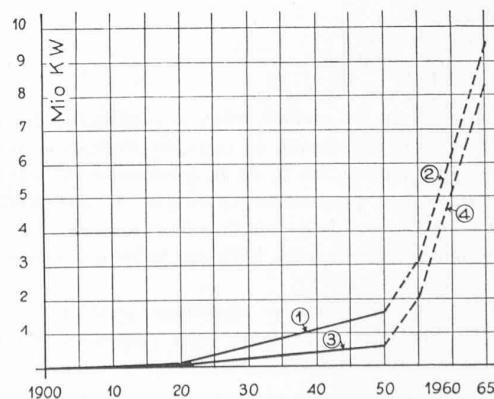


Fig. 1. — Electrification de l'Inde. Courbe approximative du développement de la puissance installée.

Légende : Centrales hydroélectriques et centrales thermiques :
(1) état actuel ; (2) prévisions.
Centrales hydroélectriques : (3) état actuel ; (4) prévisions.

Catégories des villes et villages	Nombre total des villes et villages	Nombre de villes et villages disposant de l'électricité	Pourcentage de la colonne 3 par rapport à la colonne 2
1	2	3	4
Plus de 100 000 hab.	49	49	100,00
Entre 50 000 et 100 000 habitants	87	86	98,85
Entre 20 000 et 50 000 habitants	277	233	84,12
Entre 10 000 et 20 000 habitants	607	231	38,02
Entre 5 000 et 10 000 habitants	2 367	221	9,34
Au-dessous de 5 000 habitants	559 062	2 118	0,38
Totaux	562 449	2 938	0,52

On voit donc que le 0,52 % seulement de l'ensemble des localités indiennes est électrifié. En ce qui concerne la population rurale en particulier, on peut dire qu'à l'exception d'un certain nombre de villages dans les Etats du Sud (Madras, Mysore et Travancore), elle ignore les commodités de l'énergie électrique. On peut signaler à ce sujet que, sur les 2118 localités d'une population inférieure à 5000 habitants qui disposent d'électricité, 1464 sont situées dans le seul Etat de Madras.

Ramenée à la population de 337 millions d'habitants, la production de 1949 de 4877 millions de kWh fait ressortir pour la dite année une production par tête d'habitant de 12,6 kWh. Mais cette production est loin d'être régulièrement répartie dans les diverses régions de l'Inde, ainsi que cela ressort du tableau ci-après :

Nom de la région	Puissance installée en kW	Production annuelle en millions de kWh	Population en millions d'habitants
1. Grand Bombay .	284 000	1 357	Estimée approximativement à 10 millions
2. Ahmedabad . .	67 500	211	
3. Calcutta	324 750	852	
4. Kanpur.	64 500	177	
5. Delhi	35 036	114	
6. Ville de Madras .	48 000	104	
7. Totaux	823 786	2 815	
Total pour toute l'Inde	1 540 000	4 877	337
Pourcentage du poste 7 par rapport au total pour l'Inde . .	53	58	3

Ainsi donc, dans les grandes villes sus-indiquées qui possèdent le 3 % de la population du pays, la production annuelle d'énergie représente le 58 % de la production de l'Inde, ce qui conduit à une production spécifique de 281 kWh par habitant pour l'ensemble de ces six villes, mais fait descendre la production spécifique à 6,1 kWh par habitant pour le reste du pays.

La répartition de l'énergie électrique produite entre les diverses applications se présente pour l'ensemble de l'Inde de la façon suivante, d'après les statistiques de l'année 1948 :

Usages domestiques	17,3 %
Petites industries	13,0 %
Agriculture	3,3 %
Éclairage public	4,4 %
Grosses industries et traction . . .	65,0 %
Total	100,0 %

En ce qui concerne le poste de la grosse industrie et de la traction, on peut indiquer que la part relative à la traction électrique est très faible puisque, sur les 55 000 km de chemins de fer en Inde, 380 seulement sont électrifiés et que seules les très grandes villes, telles Bombay et Calcutta, possèdent des réseaux de tramways électriques.

Sur le contingent absorbé par la grosse industrie, 22,6 % de la consommation totale concernent l'industrie textile dont l'activité représente environ le 50 % de l'ensemble des industries en Inde.

Il peut également être intéressant de signaler que la consommation spécifique pour usages domestiques qui, pour l'année 1949, était de 1,48 kWh par habitant pour l'ensemble de la population de l'Inde, était pratiquement nulle pour la presque totalité de la population rurale, atteignait 3,66 kWh à Bombay, 7,23 kWh à Calcutta et 20,82 kWh dans la ville gouvernementale de Delhi.

Les pertes générales de distribution sont voisines de 20 %, ce qui donne une idée des caractéristiques et de l'état des réseaux électriques.

Les tarifs de vente d'énergie présentent, eux aussi, d'importantes différences selon les régions de l'Inde. En se basant sur les renseignements publiés par la Central Electrification Commission, on peut indiquer que les recettes moyennes de vente d'énergie pour l'ensemble de l'Inde pour l'année 1949 sont les suivantes :

Energie pour :

usages domestiques et petits commerces	14,3 cts/kWh ¹
importantes industries	3,75 »
traction électrique	3,22 »
la recette moyenne générale ressortant à 5,5 cts par kWh.	

Si l'on examine les tarifs appliqués dans les régions du sud de l'Inde, dans l'Etat de Madras par exemple, où l'électrification est assez développée et où un réseau rural assez important est installé, on constate les prix suivants :

Pour l'éclairage domestique :

les 120 premiers kWh mensuels	24,2 cts/kWh
les 180 kWh suivants	20,7 »
Agriculture et industries à domicile . . .	tarif dégressif de 5,7 à 4,75 cts/kWh

Pour apprécier l'incidence de ces prix de consommation de l'énergie sur le budget d'un Indien, il faut se rappeler qu'en Inde un manœuvre gagne environ l'équivalent de 2 fr. suisses par jour, c'est-à-dire le dixième environ du salaire du manœuvre suisse.

Il ressort de ce qui précède que l'électrification de l'Inde, pour l'ensemble du pays, n'en est encore actuellement qu'à ses débuts.

Programme d'avenir

Depuis quelques années, cependant, le Gouvernement de l'Inde a porté une attention toute particulière au développement de l'électrification du pays, étudiant ce problème en liaison avec celui de l'irrigation, afin de développer le rendement des cultures et d'améliorer ainsi la situation alimentaire des populations. Il a créé dans ce but la Central Water Power Irrigation and Navigation Commission, dénommée communément « CWINC », qui dispose à New Delhi d'un important état-major d'ingénieurs et de techniciens.

Cette commission étudie et réalise elle-même tous les projets situés dans les Etats rattachés à l'Administration centrale et supervise et contrôle ceux concernant les Etats indépendants.

¹ Tous les prix exprimés en francs suisses sont calculés sur la parité de 1 roupie = 0,92 franc suisse.



Fig. 2.
Projets d'aménagements
hydroélectriques
et d'irrigation en Inde.

Elle a entrepris déjà la construction d'un certain nombre d'aménagements très importants et élaboré des projets pour de nombreux équipements qui devraient, d'ici quinze ou vingt ans, augmenter considérablement la puissance installée des centrales hydroélectriques (fig. 2).

Sans vouloir entrer dans le détail de ce vaste programme, on peut indiquer que l'estimation totale des dépenses de construction des projets en cours de réalisation et de ceux qui n'ont pas encore été commencés s'élève à environ 17,5 milliards de francs suisses. L'ensemble de ces aménagements, lorsqu'ils seront terminés, ajoutera 170 000 km² aux 200 000 km² actuellement irrigués en Inde et environ 11 millions de kW aux 0,55 million de kW actuellement installés dans les centrales hydroélectriques. A ce sujet, on peut citer que la puissance hydroélectrique totale disponible en Inde est actuellement estimée à 30-40 millions de kW. C'est donc en 1970 que la puissance aménagée s'approcherait du tiers de la puissance totale disponible.

Il y a actuellement en construction en Inde huit grands aménagements à buts multiples, un important aménagement pour l'irrigation et trois aménagements hydroélectriques dont le coût unitaire dépasse 90 millions de francs suisses, 24 aménagements coûtant chacun entre 20 et 90 millions de francs

suisses et 99 aménagements dont le coût est inférieur à 20 millions de francs suisses.

Il suffit, pour se rendre compte des répercussions d'un tel programme sur l'économie générale du pays, d'examiner la figure 1 représentant le développement de la puissance installée escompté par le programme sus-indiqué, pour les années 1960 et suivantes. On constate immédiatement que l'allure de cette courbe à partir de 1950 n'a rien de commun avec celle de la première moitié du siècle et que ce programme nécessite un effort gigantesque. Il ne faut, en effet, pas oublier tout d'abord que cette réalisation absorbera 17 1/2 milliards de francs suisses et, pour apprécier l'importance que cette somme représente pour l'Inde, il faut tenir compte du fait que le revenu national de l'Inde est de 245 fr. par tête d'habitant, alors qu'il est d'environ 3400 fr. en Suisse.

Par ailleurs, l'Inde est actuellement obligée d'acheter à l'étranger la quasi-totalité du matériel d'équipement des centrales ; pour faciliter la réalisation du programme envisagé, il sera donc nécessaire, afin d'éviter des importations massives qui seraient difficilement supportables pour le budget national, de créer un certain nombre d'industries de production de matériel, ce qui demandera également de nouveaux capitaux.

Enfin, il faudra étudier, parallèlement au développement des centrales hydroélectriques, la création d'industries de consommation de l'énergie à produire qui sera de l'ordre de 40 milliards de kWh. Pour l'aménagement de ces futures industries de consommation, certaines fournitures de matériel et d'importants investissements de capitaux sont aussi nécessaires.

Ces quelques considérations suffisent à montrer l'ampleur des problèmes à résoudre et à mettre en évidence le courage de ceux qui ont conçu ce programme et qui, depuis quelques années, en ont entrepris la réalisation.

* * *

Ainsi que cela ressort des indications ci-dessus, la plupart des aménagements de rivières sont à buts multiples, dont le principal est presque toujours l'irrigation. La régularisation des crues est souvent l'un des objectifs à atteindre, de sorte que, dans de nombreux cas, la production de l'énergie électrique n'est considérée que comme accessoire.

On comprend aisément cette situation lorsque l'on sait qu'une des préoccupations majeures du Gouvernement de l'Inde est d'assurer l'alimentation de la population et que ce problème est devenu encore plus aigu après la séparation de l'Inde et du Pakistan, puisque ce dernier pays était un des greniers de la péninsule Indienne. Par ailleurs, les catastrophes qui se produisent périodiquement à l'époque de la mousson sont trop connues pour qu'il y ait lieu d'insister sur la nécessité d'aménager de grands bassins d'emmagasinement sur des rivières dont le débit, presque nul pendant les mois de sécheresse, peut atteindre plusieurs milliers de m^3/sec pendant la saison des pluies.

La topographie des vallées impose dans de nombreux cas la construction de barrages de hauteur modérée, de 40 à 70 m, mais présentant par contre une longueur atteignant généralement plusieurs kilomètres, ce qui conduit à l'adoption de digues en terre compactée, solution qui économise également l'emploi de ciment, matériau assez rare dans le pays.

La maçonnerie (béton ou maçonnerie de moellons) est réservée à quelques cas particuliers ou est utilisée pour la partie des barrages-digues formant déversoirs, car il est souvent nécessaire de pouvoir évacuer des crues dont le débit dépasse 10 000 m^3/sec . A ce sujet, on peut signaler que les ingénieurs indiens utilisent parfois des siphons pour résoudre ce difficile problème et étudient de telles installations avec un soin tout particulier dans les divers laboratoires d'essais sur modèle réduit qu'ils ont à leur disposition.

La nature du sol et les phénomènes d'érosion qui apparaissent à l'époque de la mousson appellent également des



Fig. 3. — Barrage de Nangal. Fabrication du béton.



Fig. 4. — Barrage de Tilaya.
(Damodar Valley Corporation).
Transport du béton.

dispositions spéciales pour limiter l'ensablement des retenues et assurer l'évacuation des matériaux qui y sont déposés par les crues.

L'équipement des grands chantiers en cours pourrait faire, à lui seul, l'objet d'un long et intéressant article. On constate souvent, en effet, sur un même ouvrage, la présence de matériel américain « up to date » à côté d'une large utilisation de la main-d'œuvre (fig 3 et 4). Toutefois, si l'on tient compte du niveau extrêmement bas des salaires et de la nécessité de procurer du travail à toute la population de certaines régions, on doit reconnaître que, dans de nombreux cas, l'emploi massif de la main-d'œuvre représente bien la solution la meilleure pour l'économie générale du pays.

Quelques exemples choisis parmi les aménagements existants et parmi ceux en construction, que nous avons eu l'occasion de visiter, donneront une idée de quelques-unes des dispositions adoptées et de l'échelle des réalisations entreprises ou envisagées.

Aménagement de Bhakra-Nangal

Cet aménagement est situé dans le Punjab, au nord-est de l'Inde, sur la rivière Sutlej qui est un affluent de l'Indus. Il comprend trois éléments principaux : un palier supérieur formé par le grand barrage de Bhakra, avec deux usines hydroélectriques au pied du barrage ; un palier inférieur à environ 13 km à l'aval du précédent, avec le barrage de Nangal et un canal de dérivation rejoignant le Sutlej après un parcours d'environ 60 km, canal sur lequel sont prévues deux centrales hydroélectriques, et enfin un vaste réseau de canaux d'irrigation.

Palier supérieur. Le barrage de Bhakra sera l'un des ouvrages les plus importants du monde puisqu'il nécessitera la mise en place d'environ 3 900 000 m^3 de béton. Il créera une retenue de 9,1 milliards de m^3 d'eau à la cote 515 m, dont 7 milliards environ seront utilisables. La longueur du lac de retenue atteindra 90 km et sa superficie 154 km².

Le barrage sera du type gravité avec un parement aval présentant un fruit de 0,8 et un parement amont vertical,

sauf sur son tiers inférieur qui, en raison de la nature défavorable du sol de fondation, sera renforcé avec un fruit de 0,35.

La hauteur maximum du barrage au-dessus des fondations atteindra 207 m, dont 25 à 30 m se trouveront au-dessous du niveau du terrain naturel. Sa largeur au couronnement sera de 9,20 m, et celle à la base de 176 m.

Etant donné l'importance des crues du Sutlej, les dispositions d'évacuation ont été étudiées avec un soin tout particulier. Elles permettront le passage d'une crue d'environ $11\ 300\ m^3/sec$ au travers des ouvrages suivants :

- a) un déversoir en crête avec deux vannes de $33,60 \times 8,55\ m$ pour $4600\ m^3/sec$;
- b) un tunnel incliné, équipé à son entrée avec deux vannes secteurs de $15,20 \times 15,20\ m$ pour $3400\ m^3/sec$;
- c) vingt-quatre conduites d'évacuation de $2,40\ m$ de diamètre, situées environ au milieu de la hauteur du barrage et permettant le passage de $2900\ m^3/sec$.

La dérivation provisoire du débit de la rivière pendant la période des travaux sera assurée par deux tunnels situés sur chacune des deux rives, d'une longueur de 700 à 800 m chacun et d'un diamètre d'environ 15 m.

Les deux centrales au pied du barrage travailleront sous une chute nette variant de 82 à 156 m. La première sera une centrale à l'air libre située sur la rive droite et équipée avec quatre groupes de 93000 kVA. La deuxième centrale sera aménagée sur la rive gauche, dans une grotte souterraine d'environ 150 m de longueur, 24 m de largeur et 42 m de hauteur, et comportant huit unités de 93 000 kVA.

Palier inférieur. Ce palier comprend le barrage de Nangal, situé à 13 km à l'aval de Bhakra, créant un bassin de compensation journalière. Sa hauteur maximum est de 27 m au-dessus du niveau des fondations. Il comporte vingt-six ouvertures de 9,45 m de largeur, séparées par des piles de 2,45 m de largeur (voir fig. 5 et 6).

L'ouvrage d'entrée du canal de dérivation (voir fig. 7) est situé sur la rive gauche et comporte huit ouvertures de 7,30 m chacune, permettant le passage d'un débit d'environ $380\ m^3/sec$. Il y a lieu de signaler le dispositif spécial de dessableur à deux étages qui a donné lieu à de nombreux essais sur modèle réduit au Laboratoire de recherches hydrauliques.

Le canal de dérivation a une largeur en plafond d'environ 28 m et une hauteur mouillée de 6,30 m.

Deux centrales hydroélectriques sont prévues, situées respectivement à 20 et 30 km du barrage de Nangal, et comportant chacune trois groupes de 24 000 kW fonctionnant sous une chute d'environ 30 m.

Canaux d'irrigation. La longueur totale du canal principal et des canaux secondaires atteindra 870 km et celle des canaux d'irrigation proprement dits environ 3400 km. L'ensemble de cet aménagement permettra d'irriguer une région de près de $27\ 000\ km^2$.

Le coût total de cet aménagement est devisé approximativement à 12 milliards de francs suisses.



Fig. 5. — Barrage de Nangal. Partie rive droite en cours d'exécution.

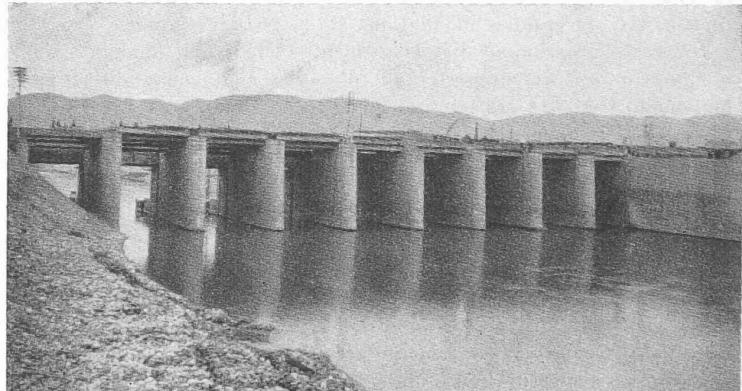


Fig. 6. — Barrage de Nangal. Partie rive gauche en cours d'achèvement.



Fig. 7. — Barrage de Nangal. Ouvrage d'entrée du canal de dérivation.

L'étude du projet, qui n'a pas comporté moins de vingt-cinq variantes, a été effectuée par les services du Département des travaux publics de la province de Punjab qui assurent également la direction des travaux, la CWINC contrôlant l'ensemble des opérations.

En janvier 1951, au barrage de Bhakra, les deux tunnels de dérivation provisoire étaient perforés et une partie des installations de chantier réalisée. A Nangal, le barrage et l'ouvrage d'entrée du canal étaient en voie d'achèvement. Le canal principal de Nangal était en cours d'exécution ; quant aux deux centrales de ce canal, elles en étaient encore au stade des terrassements généraux. Le programme prévoit que le canal de Nangal et la première centrale hydroélectrique sur ce canal seront terminés en 1953 et que le bétonnage du barrage de Bhakra sera achevé en 1956, les autres travaux devant s'échelonner sur des étapes ultérieures.

Barrage et centrale de Hirakud (Orissa)

L'Etat d'Orissa, situé en bordure du golfe du Bengale, est relativement peu peuplé puisque, avec sa superficie de 155 000 km², il n'a qu'une population de 15 millions d'habitants environ. Ses richesses minérales et ses possibilités de développement sont cependant grandes, mais faute de plan général d'aménagement, il est encore incompéttement cultivé et peu industrialisé. Il a d'ailleurs été ravagé à diverses reprises par de grandes inondations et de terribles famines.

Un vaste programme d'aménagement a été établi il y a quelques années et comporte tout d'abord l'équipement du Mahanadi, l'un des trois grands fleuves qui traversent cet Etat. Le Mahanadi a un débit annuel total d'environ 90 milliards de m³, c'est-à-dire supérieur à celui du Tennessee aux Etats-Unis d'Amérique. Il s'agit d'un aménagement à buts multiples (régularisation des crues, irrigation, production d'énergie électrique et navigation). Il comprend trois barrages qui, de l'amont à l'aval, sont ceux d'Hirakud, de Tikarpara et de Naraj-Cuttack. Cet ensemble permettra d'irriguer une région deux fois plus grande que la Suisse, de produire une quantité considérable d'énergie électrique qui pourra être utilisée pour l'alimentation d'industries nouvelles, et de créer environ 600 km de canaux navigables avec un tirant d'eau de 2,70 m.

Les caractéristiques générales de l'aménagement d'Hirakud, le seul actuellement en cours de réalisation, peuvent être résumées comme suit :

Le barrage principal barrera la large vallée du Mahanadi à 15 km environ à l'amont de Sambalpur. D'une longueur de 4700 m et d'une hauteur maximum de 55 m, il sera du type digue en terre compactée, à l'exception d'une partie centrale d'environ 1000 m de longueur qui sera du type gravité et réalisée en béton avec des blocs préfabriqués. Les digues en terre ont un talus amont de 1 : 3 et un talus aval de 1 : 2, les talus du noyau imperméable central étant de 1 : 2 à l'amont et de 1 : 1 à l'aval.

Le lac d'accumulation qui sera ainsi créé, d'une superficie d'environ 600 km², aura un volume de 7,4 milliards de m³ dont 2,8 milliards seront inutilisables et constitueront un volume de réserve pour l'ensablement. Les 4,6 milliards disponibles sont estimés suffisants pour le contrôle des crues de la rivière, les besoins d'irrigation, la production d'énergie électrique et l'alimentation des canaux navigables.

La partie du barrage formant déversoir sera équipée avec 84 vannes déversoirs et 84 vannes de fonds d'une largeur de 6,40 m qui permettront le passage d'un débit de 37 000 m³/sec.

Au point de vue équipement électrique, l'aménagement prévoit la construction d'une centrale au pied du barrage

principal qui sera équipée avec six groupes de 37 500 kW, comportant des turbines de 52 000 CV travaillant sous une chute variable de 24 à 34 m. Une seconde centrale, comportant quatre groupes de 24 000 kW fonctionnant sous une chute de 23 m, est prévue à 23 km à l'aval du barrage au point de jonction du canal de navigation avec le cours naturel du Mahanadi.

L'énergie produite sera transportée par un réseau comportant 1300 km de lignes à 132 kV et 500 km de lignes à 66 kV qui reliera les centrales d'Hirakud aux centrales des aménagements prévus au nord (Damodar Valley Corporation) et au sud (Mashkun).

Le programme général prévoit encore l'irrigation d'environ 4400 km² au moyen de deux canaux à écoulement naturel, situés sur chacune des rives, et de quatre canaux avec stations de pompage. La longueur totale de ces divers canaux atteindra près de 1100 km.

En outre, pendant les mois de saison sèche, le débit régularisé du fleuve à l'aval du barrage d'Hirakud variera à l'avenir entre 250 et 400 m³/sec au lieu des 30 m³/sec actuels, ce qui apportera une sensible amélioration aux conditions d'irrigation du delta du Mahanadi.

Les travaux de cet important aménagement ont commencé en 1948, et au début de 1951, le chantier occupait 15 000 ouvriers dont les salaires journaliers (huit heures de travail), exprimés en francs suisses à la parité de 1 roupie = 0,92 fr. s., étaient approximativement les suivants : femmes, 0,70 fr. ; manœuvres, 1 fr. 30 ; ouvriers spécialisés, 2 fr. 30 à 3 fr. 70.

Certains chantiers de construction des digues en terre sont équipés avec un puissant matériel américain (scrapers, rouleaux, pieds de mouton, bulldozers, dumpers, arroseuses, etc.), tandis que d'autres ouvrages sont exécutés uniquement selon la technique locale. Le programme général des travaux prévoit l'achèvement de cet aménagement pour 1962 ; l'estimation générale de la dépense est de l'ordre de 450 millions de francs suisses.

Aménagement de Mettur (Madras)

L'Etat de Madras, dans lequel se trouve la centrale de Mettur, est un des Etats indiens dans lesquels l'électrification rurale est la plus développée. Il peut donc être intéressant d'indiquer, à l'occasion de la description de cette centrale, quelles sont les caractéristiques générales de l'électrification de cet Etat, d'une superficie de 331 000 km², avec une population d'environ 57 millions d'habitants dont plus de 80 % vit dans la campagne. Il s'agit d'un territoire près de huit fois plus grand que la Suisse, possédant une population près de douze fois supérieure à celle de notre pays.

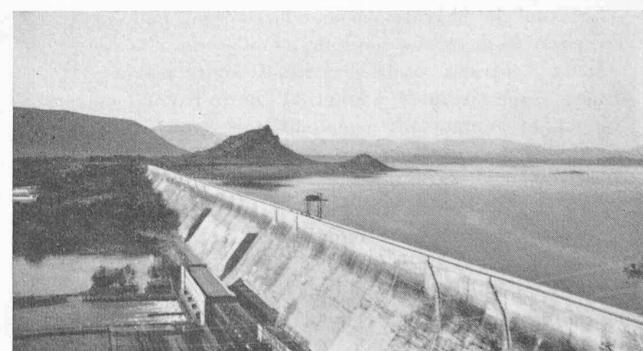


Fig. 8. — Barrage et centrale de Mettur (Madras).

Toutes les villes de plus de 50 000 habitants — et il y en a 27 dans cet Etat — sont électrifiées. Par contre, en ce qui concerne les localités de moyenne importance (entre 5000 et 50 000 habitants), 178 d'entre elles, sur un total de 393, disposent de l'électricité. Quant aux villages comptant chacun moins de 5000 habitants, 1464 sur un total de 35 932 sont électrifiés. Dans l'ensemble du territoire, la « population électrifiée » représente environ le 15 % de la population totale.

L'Etat de Madras est parcouru par un réseau de près de 7250 km de lignes haute tension (11, 33, 66, 110 et 132 kV) auxquels s'ajoutent environ 5150 km de lignes basse tension. Ce réseau est alimenté par les centrales suivantes :

Centrales hydroélectriques

Pykara	43 000 kW
Mettur	39 000 »
Papanasam	28 000 »

110 000 kW

Centrales thermiques

Madras (1900)	48 000 kW
Vijayawada	6 000 »
Vishakapatnam	3 750 »
Diverses petites centrales à Diesel	10 350 »
Puissance installée totale.	178 100 »

La production d'énergie de cet ensemble d'usines s'est élevée pour l'année 1949/50 à 612 millions de kWh, ce qui fait ressortir une production spécifique d'environ 11,3 kWh par habitant et par année.

La répartition de cette production se présente comme suit :

Industrie	69 %
Irrigation et agriculture	11 %
Eclairage domestique et petite puissance artisanale	11 %
Eclairage public	3 %
Traction	4 %
Divers	2 %
	100 %

* * *

Le Cauvery, sur lequel sont construits le *barrage et la centrale de Mettur*, est un fleuve important qui prend naissance dans la chaîne côtière ouest de l'Inde, traverse la pointe de la Péninsule indienne et se jette dans le golfe du Bengale au sud de Pondichéry.

Le barrage de Mettur est un barrage type gravité, d'une longueur en crête d'environ 1600 m et d'une hauteur maximum de 65 m. Son profil est assez lourd, puisqu'il comporte à l'amont un fruit allant progressivement jusqu'à 1 : 6 et à l'aval un fruit augmentant progressivement jusqu'à 1 : 1. Il a nécessité la mise en place de 1 530 000 m³ de maçonnerie. Il crée sur le Cauvery une accumulation utile de 3,65 milliards de m³ d'eau qui sont utilisés soit pour l'irrigation, soit

pour la production d'énergie dans une centrale située au pied du barrage. Cette centrale est équipée avec quatre groupes comportant chacun une turbine de 16 000 CV travaillant sous une chute variable de 18 à 49 m (fig. 8).

Le premier stade de cet aménagement a été terminé en 1937 et le second en 1946. Sa production annuelle d'énergie varie entre 300 et 350 millions de kWh. Il a permis, en outre, d'augmenter d'environ 1200 km² la superficie irriguée à l'aval du barrage. Ce barrage, qui est surtout intéressant par ses dimensions, n'offre pas de dispositions particulières si ce n'est celles relatives à l'évacuation de crues pouvant atteindre 15 000 m³/sec.

* * *

Il serait possible, parmi les projets en cours d'exécution ou ceux devant être entrepris prochainement, d'en décrire plusieurs dizaines analogues à ceux qui viennent d'être exposés, dont quelques-uns plus considérables encore.

Pour en apprécier l'importance relative à l'échelle de l'Inde, ainsi que l'incidence sur l'équipement électrique du pays, il suffit de rappeler que lorsqu'ils seront achevés, c'est-à-dire d'ici vingt à trente années, la production annuelle d'énergie électrique sera portée à environ 40 milliards de kWh, c'est-à-dire à un peu plus de 100 kWh par an et par tête d'habitant.

Ce dernier chiffre, s'il fait ressortir une augmentation considérable par rapport à celui de 12,8 relatif à l'année 1950, montre bien par contre les étapes qui restent encore à franchir pour amener l'électrification de l'Inde à un niveau qui corresponde aux nombreuses possibilités industrielles de cet immense pays.

(A suivre.)

BIBLIOGRAPHIE

- Load Planning in India* (The Central Electricity Commission). Rapport 14, Question 2, à la Session W. P. C., New Delhi 1951.
- The use of electrical power by small scale industries in India*. (The Central Electricity Commission.) Rapport 13, Question 2, à la Session W. P. C., New Delhi 1951.
- Rural electrification in Madras State*. (Department of Electricity, Government of Madras.) Rapport 17, Question 2, à la Session W. P. C., New Delhi 1951.
- Hydro-electric development in India*. (The Central Board of Irrigation.) Leaflet No. 5.
- New projects for irrigation and power in India*. 1950. (The Central Board of Irrigation.) Leaflet No. 3.
- Bhakra-Nangal Project*. (Public Works Department, Punjab.)
- Hirakud Dam Project*. Descriptive Note No. 3. (The Central Water Power Irrigation and Navigation Commission), New Delhi.
- Inauguration of the Cauvery-Mettur System* (R. Narasimha Ayyangar, Chief Engineer for irrigation).
- Power Supply in Madras State*. (Published by the Director of Information and Publicity, Government of Madras.)

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Procès-verbal de la 62^e Assemblée générale de la S. I. A., du 7 octobre 1951, à Lausanne

Président : M. E. Choisy, ing. — Procès-verbal : M. A. Beck.

Ordre du jour

Première partie :

- Procès-verbal de la 61^e Assemblée générale du 11 septembre 1949, à Bâle.
- Allocution du président de la S. I. A., M. E. Choisy, ingénieur.
- Propositions de l'Assemblée des délégués.

d) Lieu et date de la prochaine Assemblée générale.

e) Divers.

Deuxième partie :

Conférence de M. le professeur Robert Matthey : « Les mécanismes de l'hérédité ».

M. E. Choisy, président, exprime le plaisir tout particulier qu'il a à ouvrir la 62^e Assemblée générale dans l'Aula de