

**CHAMP D'APPLICATION
ET EXEMPLES
DE RÉALISATIONS DE TRANSPORTS
D'EAU
A GRANDE DISTANCE**

PAR J. BÉCHAUX *

A une époque où la population du globe double en quelques décennies, où les agglomérations urbaines se multiplient, et où les consommations élémentaires d'eau domestique, industrielle et agricole sont en croissance logarithmique, il n'est pas étonnant que les transports d'eau à longue distance soient de plus en plus à l'ordre du jour.

Un autre exposé présenté dans le cadre de ces journées traite de l'historique de la question et des problèmes économiques liés aux divers modes de transport de l'eau à grande distance.

Notre propos consistera à évoquer certaines réalisations récentes, françaises et étrangères, et à chercher à dégager les grandes tendances actuelles propres à cette technique.

Nous ferons complètement abstraction du transport de l'eau considérée comme source d'énergie; il s'agit là d'une question particulièrement bien connue des membres de cette société et nous ne dirons qu'un mot en passant des besoins en eau de l'industrie.

Celle-ci, en effet, surtout dans le cas des ensembles les plus lourds, ne fait en général pas venir l'eau à elle, mais s'implante là où l'eau existe.

Pensons aux centrales thermiques et aux usines sidérurgiques les plus récentes qui s'installent le long des cours d'eau importants, ou au bord de la mer. Les grandes zones industrielles ne sont-elles pas celles des vallées du Rhin, de la Ruhr, de la Moselle, de la Sambre, du Rhône, etc.?

Les longs transports d'eau concernent donc en général les grandes villes et l'agriculture.

Pourtant, l'accroissement des besoins domesti-

ques a obligé également des communes rurales à ne plus se contenter de puits individuels ou d'alimentations locales, mais à recourir à des sources lointaines. La conséquence en est la création de syndicats intercommunaux d'alimentation en eau dont nous décrirons quelques exemples typiques.

Passant à une échelle supérieure, nous parlerons un peu plus longuement des réalisations importantes de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône-Languedoc et de celle du canal de Provence.

Un exposé général fait à Paris sur les transports d'eau ne peut pas ignorer l'alimentation en eau de la capitale. Nous évoquerons à ce sujet le problème du Val-de-Loire.

Nous tournant vers l'étranger, nous citerons d'abord le cas des villes de Tunis et d'Oran, et nous terminerons notre survol de réalisations modernes par les grandes adductions de la Californie du Sud.

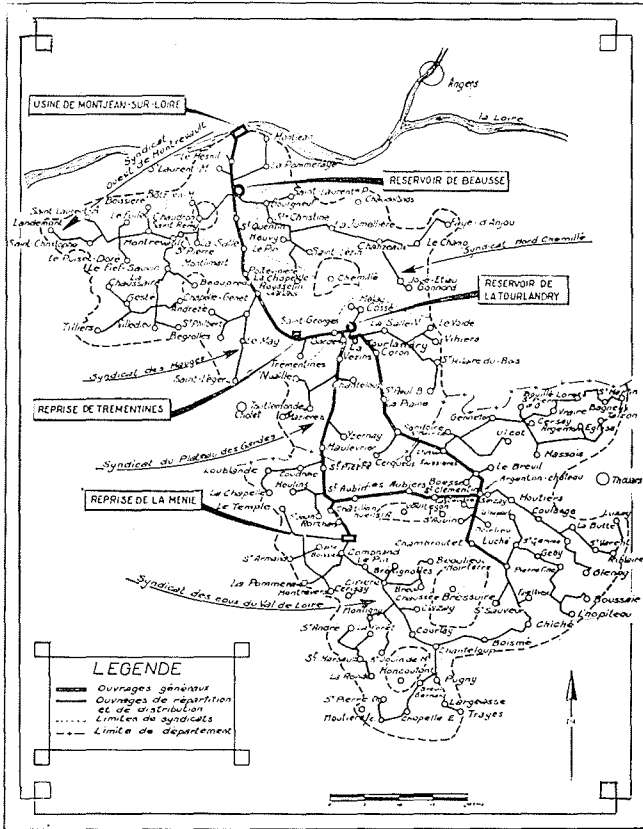
Exemples de réalisations récentes

1. Syndicat Interdépartemental des eaux des Mauges et de la Gâtine (fig. 1).

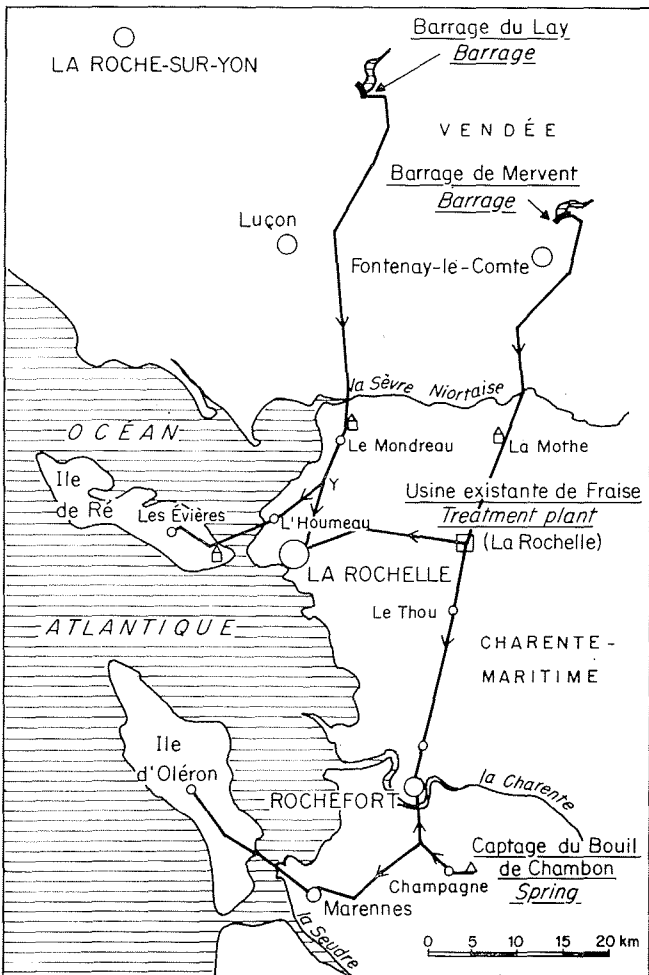
Notre premier exemple concerne la région située au sud de la Loire, autour de Cholet, où cent-trente-quatre communes, appartenant aux départements de Maine-et-Loire et des Deux-Sèvres ont formé, à partir de cinq syndicats préexistants, un Syndicat Interdépartemental alimentant environ 150 000 habitants répartis sur 3 200 km².

C'est l'absence de ressources profondes qui a conduit l'Administration à suggérer aux municipi-

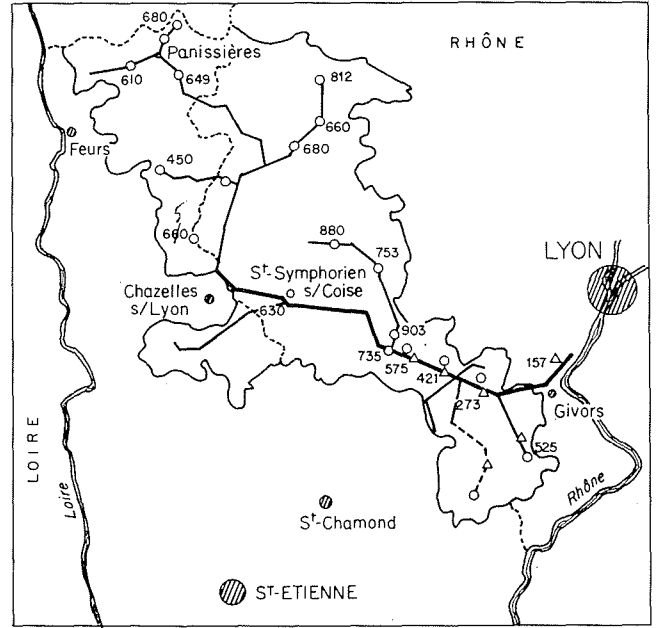
* Directeur des Etudes à la Société Eau et Assainissement (S.O.C.E.A.), Paris.



1/

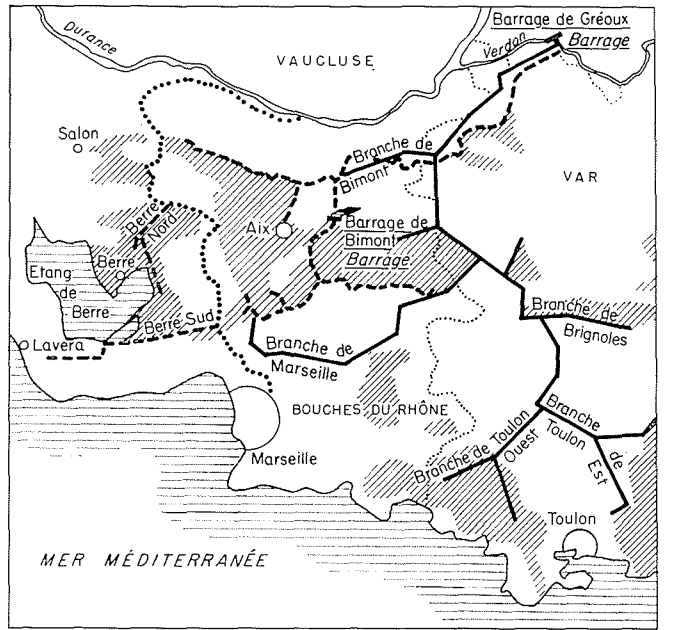


2/



△ Station de pompage
Pumping plant
○ Réservoir
Reservoir

3/



— Canal de Provence
..... Canal de Marseille
- - - Canal du Verdon
////// Périmètres irrigables - Irrigable land

4/

- 1/ Syndicat interdépartemental des eaux des Mauges et de la Gâtine.
A French regional water supply syndicate.
- 2/ Alimentation en eau de la région côtière et des îles de la Charente-Maritime / Water supply system for the Charente Maritime coastal area and islands.
- 3/ Syndicat des Monts du Lyonnais.
A French regional water supply syndicate.
- 4/ Le canal de Provence / The Provence canal.

palités de se grouper et d'exploiter en commun la nappe alluviale de la Loire.

Le système d'alimentation comporte une série de forages, une usine de traitement (déferrisation et ozonisation), une station de pompage refoulant 30 000 m³ par jour sous une hauteur de 195 m, une conduite de refoulement en acier de 600 mm de diamètre, d'une longueur de 11 km, des conduites maîtresses en fonte de 600 à 300 mm de diamètre et d'une longueur de 109 km.

Des centaines de kilomètres de conduites de moindre diamètre assurent la distribution.

2. Alimentation en eau de la région côtière et des îles de la Charente-Maritime (fig. 2)

L'alimentation en eau des villes de La Rochelle, Rochefort et Marennes d'une part, et celle des îles de Ré et d'Oléron d'autre part, a également nécessité l'installation de longues conduites. Les seules ressources de la Charente-Maritime étaient insuffisantes pour satisfaire à l'ensemble des besoins, et il a fallu faire appel aux réserves des barrages du Lay et du Mervent situés en Vendée.

71 km séparent le réservoir de l'île de Ré de la retenue du Lay et l'eau parcourt 117 km entre le barrage du Mervent et le centre de l'île d'Oléron.

Le Syndicat de la plaine de Luçon rétrocede pour les besoins partiels de La Rochelle et pour ceux de l'île de Ré 13 000 m³/j transportés par une conduite de 450 mm. Le raccordement de l'île de Ré est réalisé par une conduite sous-marine en acier de 200 mm, immergée sur 8 km.

Le barrage du Mervent fournit, lui, 19 000 m³/j à la zone côtière sud de la Charente-Maritime. La conduite commence en Ø 500 et se termine en Ø 300 sur le nouveau viaduc de l'île d'Oléron.

La conduite sud reçoit un appoint important (12 000 m³/j) de l'émergence du « Bouil-de-Chambon », situé à 12 km environ de Rochefort.

Les débits ci-dessus sont destinés à croître dans l'avenir. Pour faire face à cet accroissement, des stations de pompage intermédiaires seront installées sur les conduites actuellement en service.

3. Syndicat des Monts-du-Lyonnais (fig. 3).

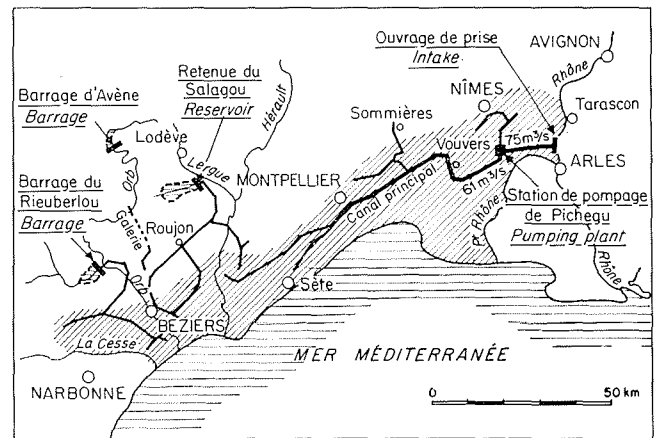
Ce Syndicat, situé à cheval sur les départements du Rhône et de la Loire, mérite d'être mentionné à la fois pour la longueur de ses conduites principales (une centaine de kilomètres) et pour les hauteurs de refoulement en jeu.

Soixante-neuf communes situées entre Rhône et Loire totalisant quelque 50 000 habitants, sont alimentées par un seul ensemble de captages en bordure du Rhône près de Givors, à la cote 157.

Le refoulement principal en quatre étages successifs, remontera au stade final un débit de 250 l/s (21 000 m³/j) à 737 m environ, par des conduites Ø 500 en fonte ductile. Des conduites secondaires reprennent l'eau du réseau principal et desservent des communes situées à plus de 900 m d'altitude. Fait digne d'être noté : le réseau des Monts-du-Lyonnais alimente, à partir d'eau de la nappe du Rhône, des communes situées en bordure de la Loire, à une altitude nettement supérieure (345 m).

4. Le canal de Provence (fig. 4).

Avec le canal de Provence, nous changeons d'échelle, surtout pour les débits. Les longueurs de



5/ L'alimentation hydro-agricole du Bas-Rhône-Languedoc.
Hydro-agricultural water supply system for the Lower Rhone-Languedoc region.

canaux, de galeries ou de conduites, sont de l'ordre de centaines de kilomètres, et les débits passent à 35 m³/s (cent fois plus que dans le cas du Syndicat des Mauges et de la Gâtine).

Il s'agit ici, non seulement d'usages domestiques de l'eau (soixante-huit communes, dont trois grandes villes), mais également et principalement d'usages agricoles.

L'eau, en provenance du Verdon, prélevée près de Gréoux, parcourra d'abord un canal de 3 km et une galerie de 5 m de diamètre. La branche du barrage de Bimont apportera 6 m³/s à la région aixoise. Au bout de 36 km, dont une grande partie sera réalisée en galerie de 4 m de diamètre, la branche de Marseille dérivera 12 m³/s, et celle du Var transitera les 17 m³/s restant. Cette dernière adduction se subdivisera en branches de Brignoles, de Carnoules, de Toulon-Est et de Toulon-Ouest.

Le fonctionnement de toutes ces adductions est gravitaire. Le canal de Provence assurera l'irrigation de 60 000 ha et complètera les besoins des villes de Marseille, Toulon et Aix-en-Provence jusqu'en l'an 2000.

5. L'aménagement hydro-agricole du Bas-Rhône-Languedoc (fig. 5).

Comme pour le canal de Provence, il s'agit d'un ensemble conçu, construit et exploité par le Génie Rural, mais ici l'irrigation a été la quasi unique préoccupation des auteurs de projet. Nous avons affaire au plus important réseau d'irrigation d'Europe, qui concerne 250 000 ha de terrains dominés et alimentés par 8 500 km de canaux et de conduites.

La zone ouest du Bas-Rhône-Languedoc sera alimentée par trois retenues (34, 44 et 170 millions de m³), et deux prises d'eau construites sur des affluents de l'Hérault ou sur ceux de l'Orb. En surface irriguée, en volume d'eau distribuée, (400 millions de m³ par an), en longueurs de canaux et de conduites, cette zone ouest représentera un peu moins de la moitié de l'ensemble.

La zone est reçoit la totalité de son eau du Rhône. Un canal de dérivation, situé un peu en amont d'Arles, d'une longueur de 12 km, alimente la station de pompage de Pichegu qui relèvera au stade final 75 m³/s, dont 14 m³ à 66 m de hauteur

pour l'irrigation des costières du Gard et 61 m³/s à 20 m de hauteur pour le canal principal.

Ce dernier aura une longueur de 90 km et se terminera à une vingtaine de kilomètres à l'est de Béziers.

Du fait que l'irrigation est pratiquée par aspersion, la distribution de l'eau se fait sous pression. Les réseaux comportent toute la gamme des diamètres de tuyaux, de 1 600 mm à 100 mm et toute la gamme des matériaux : béton précontraint d'abord, fonte ductile et acier ensuite, amianteciment et plastique enfin.

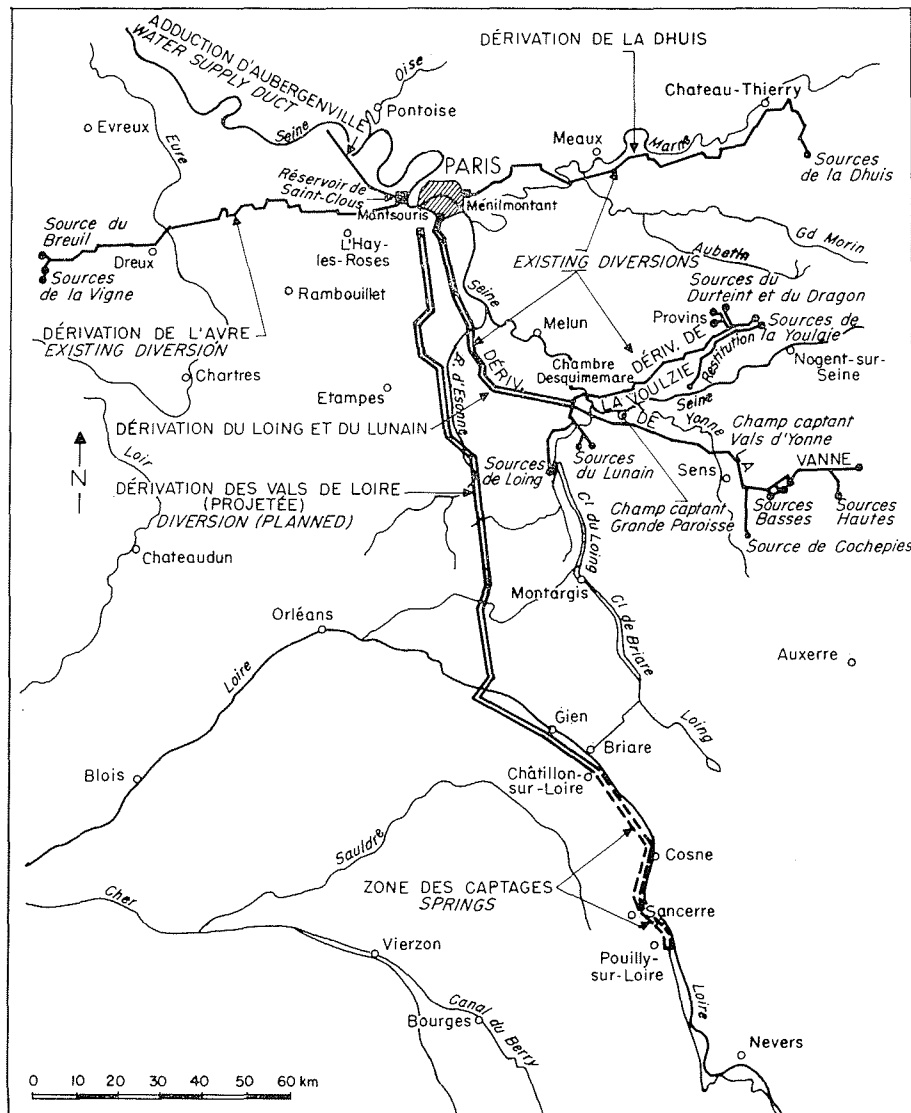
L'alimentation des réseaux à partir des canaux principaux et secondaires est assurée par des stations de pompage réparties sur l'ensemble des périmètres.

Un système très évolué de répartition et de contrôle des débits a été mis en place, basé sur le principe de la commande par l'aval que nous retrouverons plus loin dans cet exposé.

6. Les adductions d'eau de la région parisienne (fig. 6).

La ville de Paris consomme actuellement de l'eau de source et de l'eau filtrée.

L'eau de source provient essentiellement des



6/ Les adductions d'eaux de la région parisienne / Water supply system for the Paris region.

cinq grandes dérivations construites entre 1865 et 1930 : celle de la Dhuis (130 km) qui vient de la région de Château-Thierry et aboutit au réservoir de Ménilmontant, celle de l'Avre (107 km), qui alimente les réserves de Saint-Cloud, celles de la Vanne (156 km), qui a son origine entre Sens et Troyes, du Loing et du Lunain provenant de la région de Nemours (95 km), et de la Voulzie (près de Provins) qui se terminent toutes à Montsouris. Le débit total de ces dérivations est d'environ 500 000 m³/j.

L'eau filtrée, de quantité à peu près équivalente, provient de la Seine et de la Marne et est traitée aux établissements filtrants d'Ivry et de Saint-Maur. Dans peu de temps, sera mise en route une nouvelle station de filtration à Orly, fournissant 300 000 m³/j et portant les ressources de la ville à 1 300 000 m³/j en débit moyen.

Alors que le réseau d'eau de Paris est l'œuvre des Services techniques de la ville, celui de la banlieue est, dans l'ensemble, concédé à des compagnies privées, qui distribuent en moyenne 1 360 000 m³/j provenant surtout de la Seine ou de la Marne.

L'ensemble de l'agglomération consomme donc aujourd'hui environ 2 400 000 m³/j et, comme la population doit s'accroître de 50 % dans les quinze prochaines années, il y a un problème grave à résoudre.

A la fin du XIX^e siècle, la ville de Paris avait déjà été saisie d'études concernant le captage journalier de 1 700 000 m³ dans le lac de Neuchâtel, de 2 000 000 m³ dans le lac Léman, de 1 500 000 m³ dans les gravières du Rhône à Culoz.

Vers 1910 a été envisagée la possibilité de réaliser des captages dans les collines du Perche, de Normandie et surtout dans le Val-de-Loire entre Nevers et Briare.

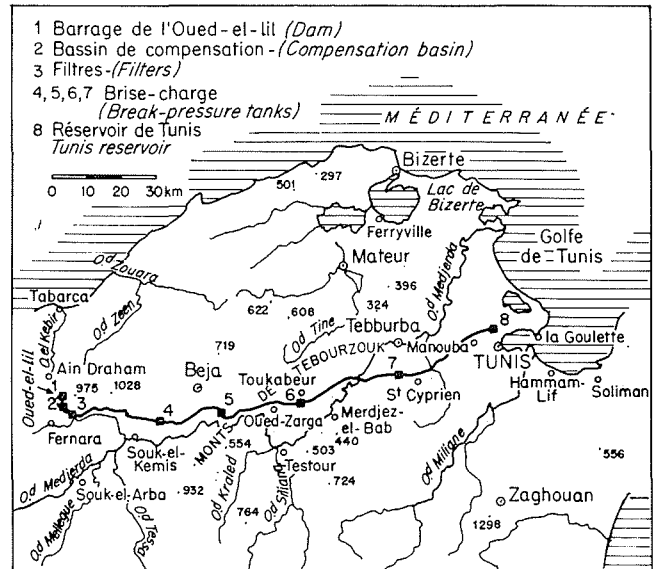
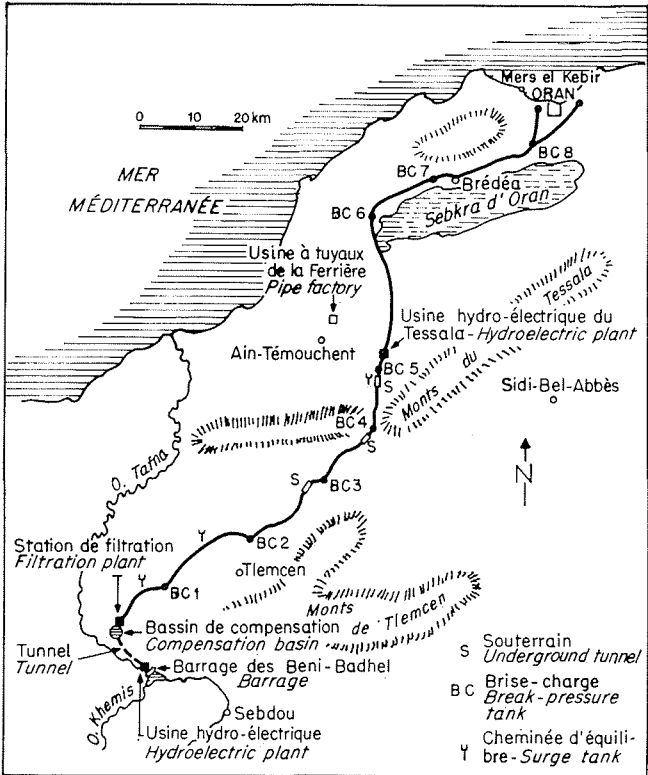
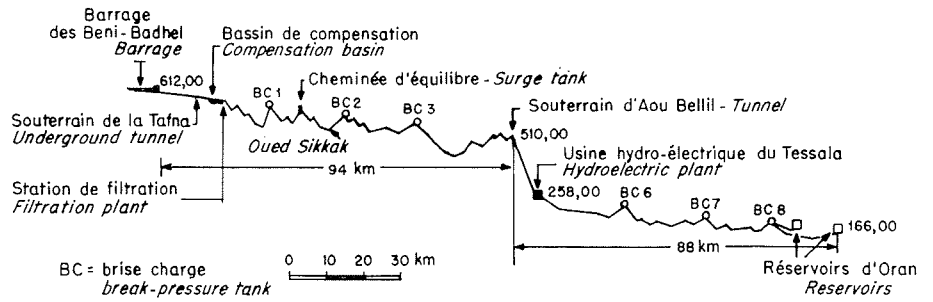
C'est cette dernière solution qui a fait l'objet d'études extrêmement approfondies, dont la période la plus active se développa autour de 1935. Un état-major de cent dix personnes, ayant à sa tête un inspecteur général adjoint était en place à cette époque pour le démarrage des travaux.

Les captages, le tracé des conduites, les ouvrages de régularisation du débit de la Loire, avaient été complètement étudiés, les acquisitions de terrain largement entamées, les entreprises désignées. Faute de crédits, toute l'opération fut interrompue en 1936.

Le projet prévoyait la construction de 45 km de galeries de captage sur la rive gauche de la Loire, entre Pouilly et Châtillon-sur-Loire. La campagne de recherche avait prouvé que ces captages étaient capables de fournir 12 m³/s (1 000 000 de m³/j) d'eau potable.

Une adduction entièrement gravitaire partant de la cote 125, compor-

7/ Profil en long de la conduite Beni Bahdel-Oran.
Longitudinal profile of Beni Bahdel-Oran pipe run.



9/ Le tracé de l'adduction de l'Oued-el-Lil à Tunis.
The Oued-el-Lil water supply pipe for Tunis.

8/ Plan de la conduite Beni Bahdel-Oran.
Plan layout of Beni Bahdel-Oran pipe.

tant à l'amont deux conduites enterrées de 3,30 m de diamètre, d'une longueur de 114 km dont 30 km sur la rive gauche de la Loire, et à l'aval 37 km de conduite forcée de 3 m de diamètre devait aboutir aux réservoirs de l'Hay-les-Roses, à la cote 103.

La topographie et le désir d'obtenir le tracé le plus court entraînaient la nécessité de prévoir d'assez longs parcours en souterrain.

Pour réserver les droits des riverains de la Loire à l'aval des captages, un décret de 1931 a imposé à la ville de Paris de constituer une réserve de 220 000 000 de m³. Cette réserve serait réalisée par la construction du barrage de Villerest à quelques kilomètres en amont de Roanne.

Le projet du Val-de-Loire revient périodiquement à l'ordre du jour. La qualité des études antérieures et l'accroissement des besoins font penser qu'il sera finalement pris en considération.

Depuis 1935, la technique et les coûts des pompes d'une part, les caractéristiques des tuyaux de pression en grand diamètre, d'autre part, ont évolué. On peut maintenant envisager d'intercaler sur la conduite d'adduction un relevage intermédiaire qui, par la réduction des diamètres des conduites et des longueurs de parcours en souterrain, entraînerait une diminution des frais d'investissement.

7. Les conduites de Tunis et d'Oran (fig. 7, 8 et 9).

Quittant maintenant la France, nous citerons deux réalisations d'après guerre comparables à bien des points de vue; les conduites de Tunis et d'Oran; leurs longueurs sont importantes (150 et 170 km), leurs débits, voisins (1,200 et 1 m³/s), la nature des tuyaux, identique : béton précontraint. La conduite de Tunis a un diamètre de 1,25 m et celle d'Oran de 1,10 m.

Toutes deux partent d'une station de filtration située à l'aval d'un barrage régularisateur (Oued el Lil et Béni Bahdel) et alimentent une grande ville méditerranéenne. Les pressions dans les tuyaux atteignent 33 bars à Oran et 13 à Tunis.

Une autre particularité, commune à ces deux conduites et originale à l'époque de leur construction (1950), est leur système de fonctionnement hydraulique. Dans les deux cas, il s'agit de conduites gravitaires comportant une forte dénivellation et installées en terrain accidenté. Les profils en long sont constitués d'une suite de siphons reliant des brise-charge dont les cotes décroissent régulièrement de l'amont vers l'aval. La conduite d'Oran comporte huit brise-charge et celle de Tunis quatre.

Les deux conduites fonctionnent en commande par l'aval, c'est-à-dire que toute consommation

d'eau, au lieu de destination, agissant sur le niveau du réservoir final, se répercute de proche en proche vers l'amont, l'admission d'eau à l'entrée de chaque brise-charge étant commandée par le niveau de la réserve d'eau contiguë. Les vannes (papillon ou obturateur à disque), situées à la sortie de chaque siphon, sont fermées quand le débit est nul et s'ouvrent dès que la demande, provenant de l'aval, l'exige. La conduite est donc toujours pleine d'eau et les pressions dans les différents biefs varient peu.

Le grand avantage de la commande par l'aval est son automatisme hydraulique. Elle ne requiert ni ligne de télécommande, ni énergie électrique. En contrepartie, elle accroît la pression à laquelle sont soumis les tuyaux de chaque tronçon; la pression de « repos » est en effet la pression du brise-charge supérieur, alors qu'elle serait celle du brise-charge inférieur dans le cas de la commande amont.

Si l'on voulait résumer en quelques mots ce qui caractérise et a rendu originales les conduites d'Oran et de Tunis, il faudrait retenir les termes de : commande par l'aval, tuyaux en béton précontraint.

Ces deux notions ont fait leur chemin depuis 1950. Nous parlions tout à l'heure de la commande par l'aval des réseaux d'irrigation du Bas-Rhône-Languedoc, actuellement en plein développement. Nous pourrions citer également les conduites en béton précontraint dérivées de celles de Tunis et d'Oran mises en service depuis 1950 en Afrique du Sud, à Durban (Ø 1,25 m, 45 bars), Johannesburg (Ø 2,15 m, 12 bars) et Port-Elizabeth (123 km), au Kenya à Monbasa; au Sénégal; en Uruguay, pour la ville de Montevideo (Ø 1,52 m, 21 bars). En Espagne, la précontrainte est appliquée actuellement à des conduites sous pression d'un diamètre de 2,70 m.

8. Les transports d'eau en Californie (fig. 10).

Il s'agit là d'un sujet qui mériterait à lui seul plusieurs conférences.

Nous donnerons d'abord quelques ordres de grandeurs : la Californie a, en gros, la forme d'un parallélogramme longeant la côte Pacifique sur 1 300 km. Sa frontière est se trouve à environ 300 km de la côte. La superficie totale représente les 7/10^{es} de celle de la France et la population est de 19 000 000 d'habitants (dont 10 millions dans le secteur sud). — 86 % de la population habitent en zone urbaine.

La consommation d'eau annuelle est de 28 milliards de m³ dont 25,8 pour l'irrigation et 2,2 milliards pour les besoins urbains.

Ce dernier chiffre correspond à 6 millions de m³/j, soit deux fois et demie la consommation actuelle de la région parisienne.

Les régions consommatrices d'eau sont, bien entendu, les zones urbaines de San Francisco et de Los Angeles, et surtout la grande plaine orientée nord-ouest-sud-est que draine au nord-ouest la rivière Sacramento et au sud la rivière San Joaquin. Ces deux rivières convergent vers la baie de San Francisco qui débouche sur l'océan par la célèbre « Golden Gate ».

Les ressources en eau se trouvent dans la Sierra Nevada, qui domine au nord-est la plaine Sacramento — San Joaquin, et dans le Colorado qui sépare au sud-est la Californie de l'Arizona.

a) Alimentation de Los Angeles.

Los Angeles a commencé en 1913 par aller chercher son eau, à raison de 8 m³/s dans la vallée de l'Owens à 380 km au nord de la ville.

En 1941, le Metropolitan Water District englobant Los Angeles et sa banlieue (7 500 000 habitants) a commencé la construction de l'aqueduc du Colorado, long de 390 km, qui transporte depuis 1960, 45 m³/s.

Cet aqueduc part du Parker Dam sur le Colorado, retenue de moyenne capacité (900 000 000 de m³) qui constitue une sorte de grand bassin de décantation.

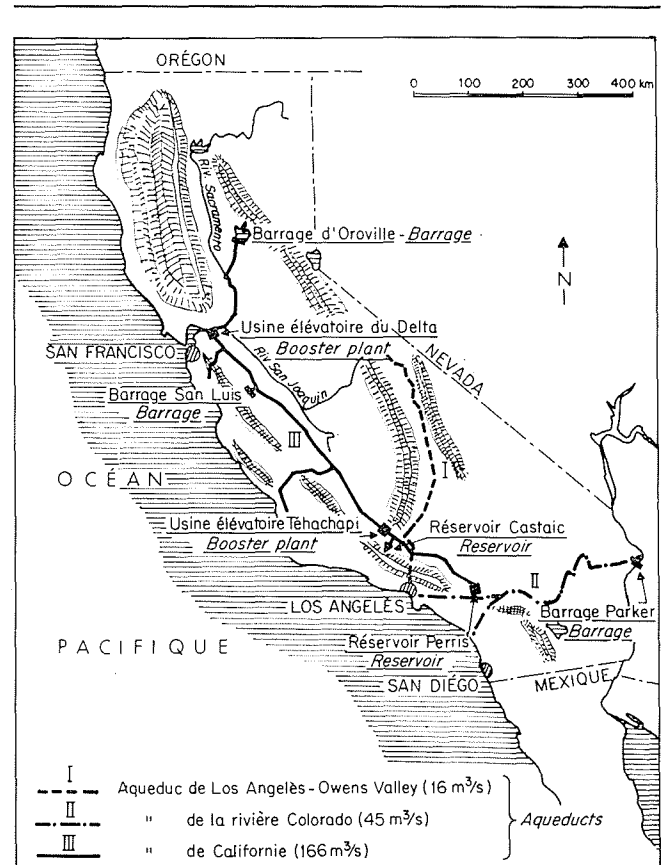
Les 390 km d'aqueduc comprennent 147 km de galerie de 4,80 m de diamètre, 100 km de canal à ciel ouvert à paroi bétonnée, 88 km de conduite circulaire en tranchée, 55 km de siphons; cinq stations de pompage refoulent tout le débit à une hauteur géométrique de 480 m.

b) California Water Project.

Le Département des Ressources en eau de la Californie, chargé de penser tous les problèmes d'eau de l'Etat, a établi en 1957 un bilan complet des besoins et des ressources sur 30 années.

Le problème est complexe, d'autant plus qu'à cette époque la Californie sera déficitaire en eau et devra donc se tourner à nouveau vers les Etats voisins (elle a été longtemps en procès avec l'Arizona au sujet des prélèvements sur le Colorado).

De l'étude de 1957, est sorti le projet dénommé « California Water Project », dont nous dirons quelques mots.



10/ Alimentation en eau de la Californie du Sud. South California water supply system.

Il s'agit d'aller chercher l'eau dans le nord de l'Etat, là où les ressources sont considérables, et de la transporter par les cours d'eau naturels, et par des canaux à créer jusqu'au sud de la Californie.

Le point de départ sera la retenue d'Oroville sur la Feather River. Le barrage, d'une hauteur de 224 m, emmagasinera 4,3 milliards de mètres cubes d'eau (Serre-Ponson : 1,2 milliard) et régularisera un débit annuel de 5,2 milliards de mètres cubes (166 m³/s ou 14,3 millions de m³/j).

Ce débit, d'abord transporté par la Feather River et la Sacramento River, sera ensuite relevé par la station de pompage dite « du Delta ». Au passage, 5,7 m³/s seront attribués au North Bay Aquaduct.

Après relèvement de 75 m, 6,6 m³/s seront dérivés sur le South Bay Aquaduct, 4,4 m³/s iront au district de San-Luis-Obispo, 46 m³/s aux Comtés de Fresno, Kings et Kern dans la haute vallée de San Joaquin.

Le débit restant sera relevé par cinq stations de pompage successives, refoulant respectivement à 58, 63, 166, 653 et 152 m. Le tronçon final se décomposera en une branche occidentale (9 m³/s) et une branche orientale (55 m³/s). La longueur totale du canal sera de 710 km.

L'eau ainsi transportée sera distribuée à trente-deux organismes répartiteurs, et à raison de 60 % pour des consommateurs urbains. Les premiers utilisateurs (ceux du nord) seront servis en 1968, et les derniers (au sud de Los Angeles) en 1972. Le projet couvre les besoins prévisibles jusqu'en 1990.

En dehors de son caractère gigantesque, un des aspects les plus intéressants du projet de l'Etat de Californie est la régulation des débits distribués tout le long du canal.

Le principe adopté par le Département des ressources en eau est celui du « volume contrôlé », un des buts recherchés étant le maintien d'un niveau aussi constant que possible tout le long du canal.

Le système de régulation envisagé suppose que tous les organes de commande (vannes, pompes, etc.) doivent être actionnés quasi simultanément, et que dans chaque bief la ligne piézométrique tourne autour de son milieu.

Les règles admises pour l'exploitation du canal sont les suivantes :

- 1° des volumes instantanés d'eau sont maintenus à peu près constants entre deux vannes, aux différents débits;
- 2° les variations de niveau sont étroitement limitées;
- 3° il ne doit pas s'écouler plus de 3 h entre le moment où une variation de débit est demandée et celui où les dispositions correspondantes sont prises tout le long du canal.

Ces impératifs se traduisent dans les faits par les variations de niveau suivantes :

- 1° aucune variation de niveau ne doit dépasser 15 cm en une heure ou 30 cm en 24 h;
- 2° si une variation de niveau de 15 cm est créée en une heure, les 15 cm restants doivent être répartis uniformément sur 23 h.

Le respect de ces prescriptions nécessite un dispositif élaboré de mesures de niveau et de télécommande des vannes et des stations de pompage tout le long du canal.

On étudie actuellement la possibilité de rendre

entièrement automatique la commande des pompes et des vannes. Aux différents postes de commande centralisée, un ordinateur, averti périodiquement de la situation des différents biefs, tirerait les conséquences des renseignements qu'il recevrait et calculerait les dispositions à prendre.

En marche normale, toute la régularisation serait donc confiée à des machines, l'intervention humaine n'ayant lieu qu'en cas d'anomalies importantes de fonctionnement.

Tendances actuelles en matière de transport d'eau

De la première partie de l'exposé, se dégage peut-être une impression de dispersion, de trop grande différence d'échelles.

Nous avons, en effet, évoqué une gamme de débits journaliers allant de 30 000 m³ dans des syndicats ruraux français, à 14 300 000 m³ en Californie (State Water Project) et des linéaires de conduites ou de canaux variant entre 100 et 770 km.

Dans le même ordre d'idées, on peut estimer que le million de mètres cubes quotidien du Val-de-Loire sera du même ordre que le débit des pertes des grands canaux du projet de l'Etat de Californie. Ce changement d'échelle ne nous surprend pas. Il rappelle la remarque fréquemment répétée d'après laquelle le budget de la General Motors est comparable à celui de la France, et que ses bénéfices sont égaux au chiffre d'affaires de Renault.

Dans la diversité des rapides monographies précédentes, on peut trouver cependant un certain nombre de points communs, qui nous paraissent caractériser les tendances actuelles en matière de transport d'eau.

Tout d'abord, l'appréciation des besoins ne se fait plus à l'échelle d'une ville, d'un village ou d'un canton. Les municipalités, les industries, les groupements agricoles ne peuvent plus travailler en ordre dispersé.

Nous l'avons vu en France, où les Syndicats ne sont plus intercommunaux, mais interdépartementaux, où le « canal de Provence » s'inquiète à la fois des irrigants et de la ville de Marseille, où la ville de Paris ne peut pas ignorer la banlieue. La même tendance se fait jour dans l'état d'Israël dont les problèmes ont été exposés ici même en novembre 1958 et également aux Etats-Unis où le dogme de la libre entreprise n'empêche pas une coordination qu'on attendrait plutôt d'un régime centralisateur.

La conséquence des regroupements que nous venons de constater est la possibilité de tirer le meilleur parti des ressources d'un pays donné, quitte à les transporter très loin, même en région tempérée. Les abus des décennies précédentes où les nappes souterraines ont quelquefois été indûment exploitées, sont corrigés. C'est le cas en Californie du Sud où la réalimentation de nappes se fait maintenant à grande échelle.

Les transports d'eau à grande distance sont donc vraisemblablement destinés à se développer. Nous n'avons pas mentionné en Europe la très longue conduite de Stuttgart alimentée à partir du lac de Constance, ni les 250 km des conduites des Pouilles au sud-est de l'Italie, provenant des Apen-

nins, qui sont les unes et les autres des preuves supplémentaires de cette tendance.

Sur le plan technique, on constate que le vieux principe de l'alimentation gravitaire n'est plus un impératif absolu; nous l'avons vu au Bas-Rhône-Languedoc; il en est de même à Paris pour l'eau provenant des établissements filtrants de Seine et de Marne. Il y a un certain temps aussi que la Californie a recours aux stations de pompage; et que dire de la capitale du Vénézuéla, Caracas, qui prélève 3,5 m³/s, 950 m en contrebas de la ville et les refoule par 4 stations de pompage en série.

Si les canaux et les galeries sont les seuls modes de transport possibles pour les très grands débits, les tuyaux en béton, précontraint ou non, se généralisent quand il s'agit de transiter jusqu'à 6 m³/s.

Le contrôle et la régulation des quantités transportées se développent également tous les jours.

Nous avons noté les dispositifs raffinés de la technique hydraulique française et la tendance américaine à beaucoup demander à l'électronique.

Sans quitter la France ni même Paris, il faut savoir que les Services de la Navigation de la Seine mettent actuellement au point un système de contrôle généralisé des plans d'eau du fleuve qui corrobore les remarques que nous faisons ici sur les problèmes de régulation.

La mise en place récente dans notre pays des nouveaux organismes nationaux et régionaux : secrétariat permanent pour l'étude des problèmes

de l'eau, missions techniques de bassins, et comités techniques régionaux, correspond bien à l'évolution que nous constatons dans le monde entier.

Ces organismes seront, grâce à leur vue d'ensemble des problèmes, les mieux placés pour juger si les transports d'eau à longue distance sont destinés ou non à se développer en France.

Bibliographie

- [1] MILLET (J.). — Syndicat des Mauges et de la Gâtine. *L'Eau* (décembre 1963).
- [2] BLEU (A.M.). — L'alimentation en eau potable de la région côtière et des îles de la Charente-Maritime. *Le Moniteur des Travaux Publics* (25 septembre 1965).
- [3] De MORAND (R.). — Marseille et le canal de Provence (1960).
- [4] SOGREAH. — La mise en valeur de la Région du Bas-Rhône Languedoc.
- [5] Rapport sur le projet d'adduction d'eau des Val-de-Loire. Paris, Imprimerie Municipale (1947).
- [6] RICOMMARD (S.). — Les dérivations et les adductions d'eau de source. *Travaux* (mars 1966).
- [7] La conduite d'Oran. *La Houille Blanche* (mars-avril 1954).
- [8] NOBLET (L.). — Hydraulique française en Afrique du Nord. *L'Eau* (octobre 1952).
- [9] DIEMER (R.B.). — Colorado River Aqueduct. *J.A.W.W.A.* (septembre 1958).
- [10] NELSON (S.B.). — Water Needs of the Pacific Slope. *J.A.W.W.A.* (octobre 1965).
- [11] FOWLER (C.). — Control System for California State Watersystem. *Water and Sewage Works* (octobre 1966).

Discussion

Président : M. CHAUCHOY

Avant de donner la parole à M. de SAINT-LAURENT, M. CHAUCHOY, président de la séance, propose de grouper les discussions de ces deux communications, qui traitent l'une et l'autre du transport d'eau à grande distance.

Après chacun des deux exposés, M. le Président remercie les conférenciers et souligne l'intérêt des communications présentées.

M. GENTHIAL précise que, pour les canalisations métalliques destinées au transport des produits pétroliers, l'amortissement, au sens du renouvellement ou de la durée de vie, est beaucoup plus long, grâce notamment à la protection cathodique, que la durée de cinq ou dix ans indiquée par M. de SAINT-LAURENT.

En ce qui concerne le point de vue financier, M. GENTHIAL rappelle que M. de SAINT-LAURENT a pensé à des amortissements très rapides, en raison de l'insécurité du lendemain; M. GENTHIAL croit cependant que les lendemains peuvent très bien être escomptés : ainsi, quand on a construit les premiers pipe-lines de produits pétroliers de la région de la Basse-Seine, on pensait bien que ce serait pour quelque temps; le troisième pipe-line vient d'être mis en service, et M. GENTHIAL pense qu'on en reparlera encore dans quelques dizaines d'années. Il semble, donc, qu'il n'y ait pas une grande différence, au départ, entre le transport d'eau et les transports pétroliers.

Enfin, au sujet du matériau, M. GENTHIAL indique qu'il y a une autre raison que la perte de charge et l'entretien par raclage pour employer l'acier de préférence au béton dans la construction des pipe-lines. C'est que le ciment se comporte mal avec les produits pétroliers : les réservoirs en béton sont toujours revêtus intérieurement.

M. de SAINT-LAURENT répond qu'en ce qui concerne les durées de vie de canalisations il s'est placé dans le cas de la durée du gisement ou de la zone d'exploitation qui, en général, est plus longue pour l'eau que pour le pétrole.

M. GENTHIAL conclut que la durée de vie des canalisations est, selon M. de SAINT-LAURENT, de l'ordre de grandeur de la « tenue » industrielle, mais il objecte qu'un gisement dure plus de deux ans : c'est plutôt de l'ordre des dizaines

d'années. Dans ces conditions, l'amortissement financier rejoint l'amortissement industriel.

En ce qui concerne le mauvais mariage du béton et du pétrole, M. de SAINT-LAURENT est très heureux de recevoir cette information : c'est une chose qu'il ne connaissait pas.

M. GARANCHER remarque qu'avant de faire une adduction d'eau à longue distance, il faut être assuré de la pérennité de la matière première, c'est-à-dire de la nappe ou du cours d'eau, non seulement au point de vue de la quantité, mais aussi de la qualité. En effet, il existe des cas, tels que celui de l'adduction des Monts du Lyonnais, mentionnée par M. BÉCHAUX, où une modification *a posteriori* du point d'alimentation peut poser des problèmes très délicats. Il est préférable de protéger les captages existants, tels que ceux de la ville de Paris et de la Compagnie Générale des Eaux, contre la pollution susceptible d'être provoquée par les usines avoisinantes.

M. GARANCHER espère que les organismes créés à la suite de la loi de 1964 pourront œuvrer avec le concours de tous, d'une manière favorable en cette affaire.

M. le Président s'associe à ce vœu, au nom de l'assistance.

M. CARLIER demande à M. BÉCHAUX l'ordre de grandeur des prix de revient du transport du mètre cube d'eau brute pour l'irrigation et d'eau traitée pour l'alimentation humaine dans les importantes adductions américaines, notamment celles prévues en Californie, ainsi que la comparaison de ces prix avec ceux des adductions récentes de notre pays.

M. BÉCHAUX regrette de ne pouvoir donner une réponse à cette question *ex abrupto*, mais il a remis, après la séance, à M. CARLIER, la photocopie et la traduction d'un article sur cette question, paru dans le *J.A.W.W.A.* de décembre 1964 : on y voit, pages 19 et 21, que, selon l'auteur, le transport du mètre cube d'eau sur 100 km, pour un débit journalier de 400 000 m³, coûte 2 centimes par canal et de 5,6 à 7,5 centimes par conduite, suivant que le prix du kWh varie lui-même entre 5 et 10 centimes.

M. BÉCHAUX pense que M. CARLIER pourra comparer ces chiffres avec ceux dont il dispose pour les grands réseaux d'irrigation construits en France par le ministère de l'Agriculture.