Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 91 (1965)

Heft: 14: Epuration des eaux usées - Sauvegarde des eaux naturelles - Incinération des ordures, fascicule no 2

Artikel: L'utilisation du Rhône pour le transport des ordures et des boues résiduaires de l'usine d'épuration des eaux usées d'Aïre

Autor: Pingeon, Edmond

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67668

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: 18.07.2025

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

L'UTILISATION DU RHÔNE

POUR LE TRANSPORT DES ORDURES ET DES BOUES RÉSIDUAIRES DE L'USINE D'ÉPURATION DES EAUX USÉES D'AÏRE

628.336.79

par EDMOND PINGEON, ingénieur-conseil

Pendant de nombreuses années, le problème de la destruction des ordures a inquiété les sphères techniques et politiques de l'Etat et de la Ville de Genève. De nombreuses solutions, d'une valeur très inégale, ont été soumises aux autorités compétentes.

Les emplacements pour l'épandage des ordures fraîches devenant de plus en plus rares et éloignés de la ville, une commission d'étude fut nommée par l'Etat, la Ville de Genève et les communes suburbaines pour comparer tous les systèmes connus et prendre finalement une décision en vue de l'exécution.

C'est à la suite d'études approfondies sur l'emplacement de l'usine et sur le coût comparé du transport des ordures par route et par voie fluviale que l'emplacement de l'usine a été choisi en bordure du Rhône à Aire-la-Ville, sur des terrains libres de toute construction et directement accessibles par le Rhône.

La preuve ayant été faite que le transport des ordures par la voie du Rhône était plus rentable que le transport par camions, malgré le capital initial investi plus important, il s'agissait de trouver les solutions de la batellerie qui convenaient le mieux.

Le problème était conditionné par trois éléments importants : le chargement, le transport et le déchargement.

Le chargement, soit le transbordement des ordures des camions sur le chaland, a déterminé le mode de transport fluvial. Après avoir étudié le système de containers d'un volume limité qui auraient été déposés par une grue ou un pont roulant dans un automoteur ou une barge poussée par un élément moteur indépendant (dit pousseur), la solution du déversement direct dans une barge, spécialement conçue et dimensionnée à cet effet, a été retenue. Cela a conduit à une solution originale du quai de chargement, dont la description est donnée dans l'article concernant les constructions.

La disposition générale de la station de chargement, soit le bâtiment et son canal d'accès, est représentée sur la figure 1.

Les études sur la récolte des ordures ont fait ressortir que les quantités à charger étaient très variables suivant les jours.

Le tableau suivant donne les résultats qui ont servi au conditionnement du matériel de navigation pour le maximum annuel, qui se situe en avril.

Apport de gadoues	lundi	400	tonnes
	mardi	200	»
	mercredi	250	»
	jeudi	25	»
	vendredi	375	»
Total par semaine		1250	tonnes

Pour avoir un matériel suffisamment maniable et adapté aux conditions de navigation sur le Rhône, dont le débit et la vitesse sont très variables, et en même temps capable d'évacuer le maximum journalier en le

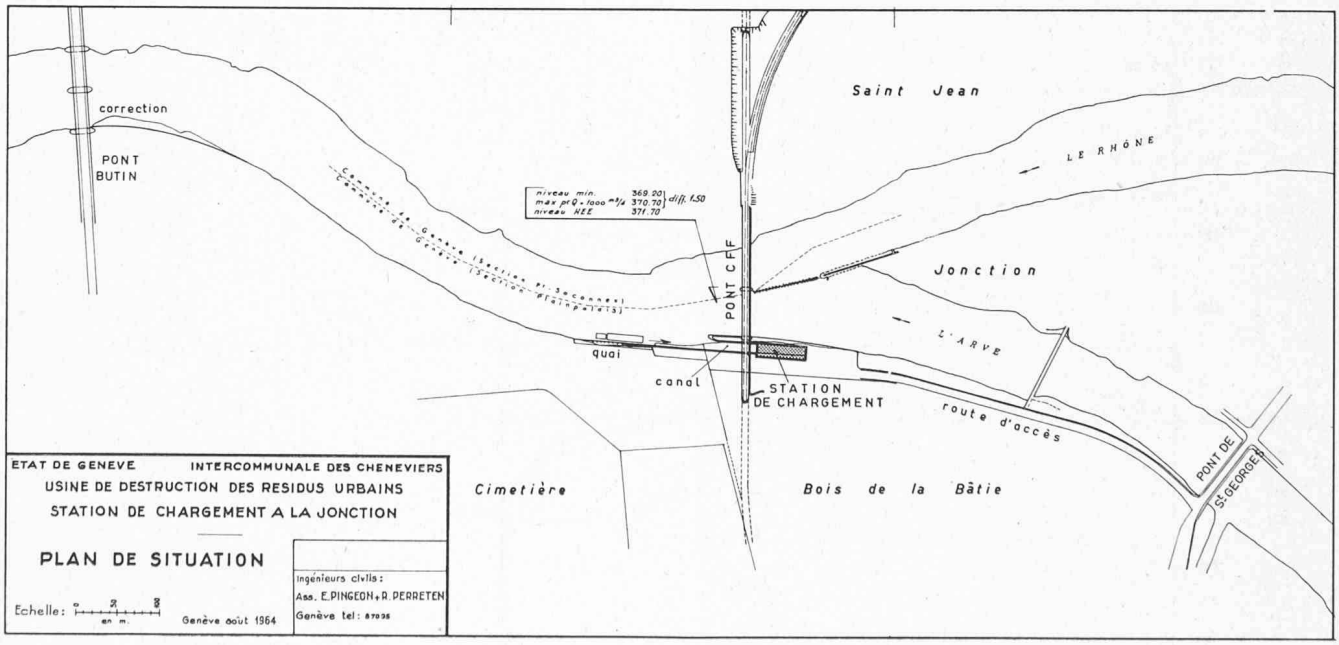

Fig. 1.

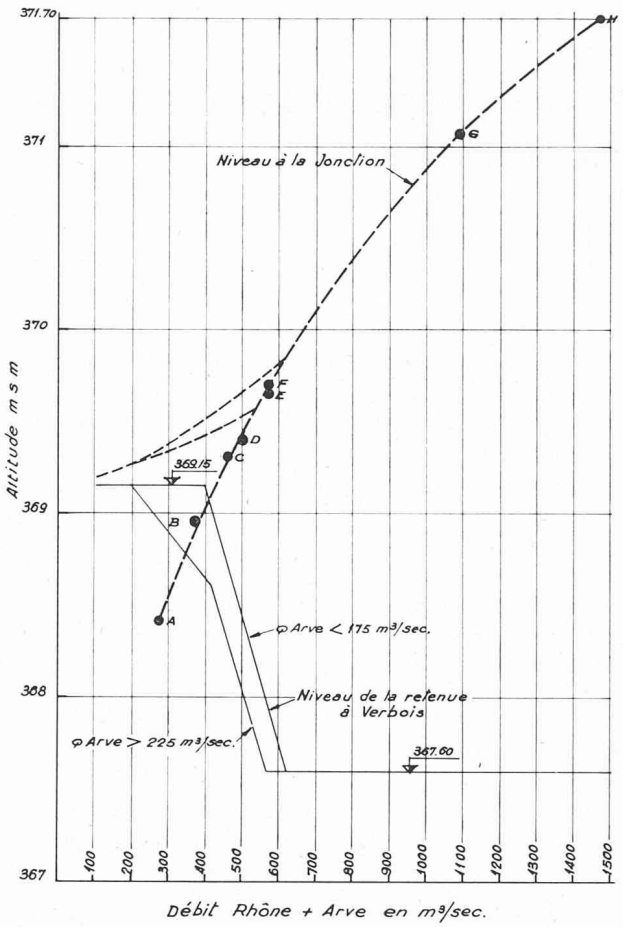

Fig. 2. — Règlement de barrage à Verbois et niveaux à la Jonction, en fonction des débits Rhône + Arve.

A : Vidange 1949. *E* : Vidange 1945.
B : Vidange 1960. *F* : Vidange 1947.
C : Vidange 1956. *G* : Vidange 1951.
D : Vidange 1954. *H* : Inondation du 23 novembre 1944.

répartissant d'une façon aussi régulière que possible dans la journée pour que l'usine puisse être alimentée vingt-quatre heures sur vingt-quatre, il fallait un nombre suffisant d'éléments porteurs. Le système adopté fut donc de quatre barges d'une contenance de 600 m³ (100 à 120 tonnes de charge), mues par un pousseur qui pouvait assurer le service suivant un horaire dûment établi. Cette solution correspond à un investissement minimum.

La vitesse du courant à la Jonction est fonction des débits cumulés Rhône + Arve. Elle est en grande partie dépendante du règlement du barrage de l'usine hydro-électrique de Verbois. La figure 2 donne la représentation graphique des différences de niveau entre les deux points extrêmes de la retenue. Cette différence, qui n'atteint que quelques centimètres pour un débit de 200 m³/s, n'augmente que lentement jusqu'au moment de l'ouverture des vannes du barrage de Verbois. Lorsque le débit augmente encore et que le niveau minimum est atteint, le Rhône retrouve son profil de libre écoulement sur une partie du trajet à parcourir par la batellerie.

Sur la proposition des ingénieurs mandatés, le maître de l'œuvre se déclara d'accord de faire exécuter au *Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne* une maquette de la Jonction pour étudier les problèmes de vitesse du courant, de répartition de celui-ci suivant la prédominance du débit du Rhône ou de l'Arve, les emplacements d'alluvionnement ou d'érosion des berges et du fond du lit.

La maquette, figure 3*, a été équipée de déversoirs permettant de faire varier les débits du Rhône et de l'Arve dans les limites fixées par les observations limnigraphiques et d'un dispositif permettant de faire l'apport d'un débit solide correspondant aux conditions d'alluvionnement de l'Arve.

La maquette a été exécutée à l'échelle peu commune de 1/35, imposée par le matériel de navigation que possédait notre ingénieur-conseil pour les questions de navigation, M. *Fred. Boesch*, de Bâle.

* Les diverses photographies de modèles, données au présent article, sont tirées du rapport établi par le *Laboratoire d'hydraulique de l'EPUL* (directeur : M. le professeur *D. Bonnard*) ; les clichés typographiques de ces documents ont été mis à notre disposition par l'*Association genevoise pour la navigation fluviale*.

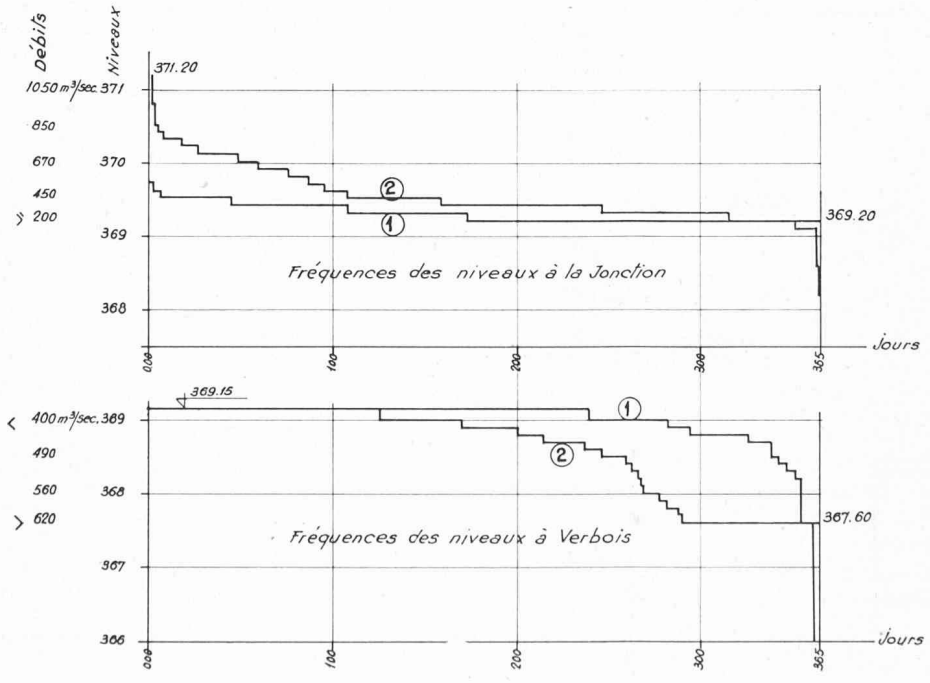

Fig. 4. — Fréquences des niveaux du Rhône.

1949 année sèche (1).
1951 année pluvieuse (2).

Elle devait permettre d'élucider les points suivants :

1° Etudier les filets liquides en aval de la Jonction en fonction des débits variables du Rhône (de 150 à 700 m³/s) et de l'Arve (de 25 à 800 m³/s) ; déterminer leur cheminement et leur vitesse. Ces essais ont fait l'objet de nombreuses photos permettant de déterminer exactement les valeurs de ces deux variables.

2° Rechercher la position la plus favorable du quai d'accostage des barges et du pousseur.

3° Déterminer par des essais de navigation le débit maximum du Rhône en aval de la Jonction compatible avec une navigation normale.

4° Déterminer les zones d'érosion et d'alluvionnement dans le voisinage du quai d'accostage des convois et à l'entrée du canal de navigation.

5° Déterminer la puissance du pousseur nécessaire à exécuter toutes les manœuvres avec la sécurité voulue.

Le pousseur, d'une puissance de 2×227 CV, se manœuvre un peu comme les « hors-bord ». Il ne possède pas de gouvernail et l'axe vertical peut tourner de 360°, permettant ainsi la marche avant, arrière et la poussée latérale sans modifier le sens de marche du moteur et de l'hélice.

La maquette terminée, et en possession du matériel de navigation à l'échelle réduite, il devenait possible de procéder aux essais de navigation. Cette navigation est avant tout fonction des débits Rhône + Arve, c'est-à-dire des vitesses et des niveaux à la Jonction.

Les essais ont montré que la manœuvre d'accostage et le départ des chalands ne pouvaient plus s'exécuter dans des conditions de sécurité suffisante au-dessus de 1000 m³/s. Il résulte des graphiques établis et de la consultation des relevés limnigraphiques précis du Service des eaux de Genève et du Service fédéral des eaux que ce débit critique n'est dépassé en moyenne que moins d'un jour par année.

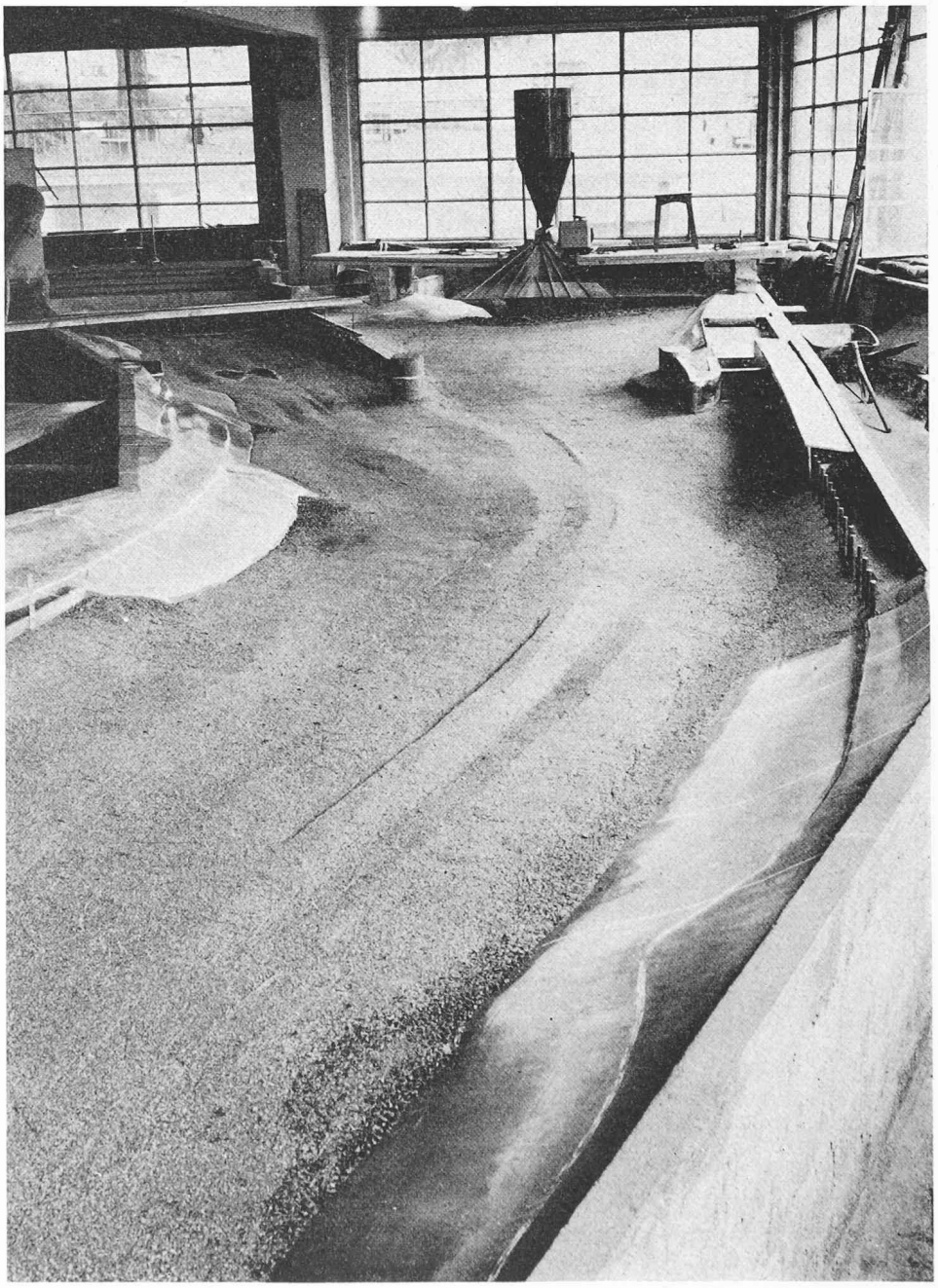

Fig. 3.

Vue de la maquette de la Jonction prise de l'aval.

A droite, l'Arve avec le distributeurs d'alluvions, au fond les deux déversoirs de réglage des débits du Rhône et de l'Arve.

Directement en aval de la Jonction, la digue noyée prolongeant la séparation du Rhône et de l'Arve jusqu'à la pile centrale du pont de la Jonction.

Echelles de réduction

Longueurs	α	1/35
Surfaces	α^2	1/1225
Volumes, poids, masses	α^3	1/42 875
Vitesses, temps	$\sqrt{\alpha}$	1/5,916
Nombre de tours de l'hélice	$1/\sqrt{\alpha}$	1/0,169
Puissance à développer	$\alpha^{3,5}$	1/253 649

Les dimensions des barges et du pousseur en vraie grandeur sont données par les tableaux suivants :

Remarque : Les dimensions du pousseur ne correspondent pas exactement à celles du modèle, qui avait presque le double de la longueur réelle. Les résultats de navigation réalisés sur la maquette étaient donc légèrement moins favorables que la réalité.

		Modèle réduit au 1/35	Dimensions réelles correspondant au modèle	Réalisation effective
Pousseur :				
Longueur sur tout	L	700 mm	24,50 m	11,36 m
Largeur sur membrures	B	165 mm	5,775 m	5,00 m
Hauteur latérale	H	55 mm	1,925 m	2,30 m
Tirant d'eau	Tg	29 mm	1,015 m	1,20 m
Déplacement	Do	2220 kg	95,182 t	35,0 t
Puissance des moteurs	Ne	$2 \times 1{,}18 \cdot 10^{-3}$ CVe	2×300 CVe	2×227 CV
Nombre de tours d'hélice	n	~ 5000 t/min	~ 845 t/min	~ 600 t/min
Hélices :				
Diamètre	D	26 mm	0,910 m	0,900 m
Pas	H	19,5 mm	0,6825 m	
Relation de pas	H/D	0,75	0,75	
Relation de surface	Fa/F	0,55	0,55	
Nombre des pales	z	4	4	4
Série Wageningen		B 4.55	B 4.55	

		Modèle au 1/35 chaland	Exécution chaland	2 chalands parallèles	2 chalands en flèche
Barges poussées					
Longueur sur tout	L	1229 mm	43,00 m	43,00 m	86,00 m
Largeur sur membrures	B	245,7 mm	8,60 m	17,20 m	8,60 m
Hauteur latérale	H	34,3 mm	1,20 mm		
Etat vide :					
Tirant d'eau	Tg	11,425 mm	0,40 m	0,40 m	
Déplacement	Do	2,795 kg	120,0 t	240 t	
Etat chargé :					
Tirant d'eau	Tg	22,85 mm	0,80 m	0,80 m	
Déplacement	Do	5,590 kg	240,0 t	480 t	
Chargement	DW	2,795 kg	120,0 t	240 t	
Convoi poussé :					
Longueur totale			67,50 m	67,50 m	110,0 m
Largeur totale			8,60 m	17,20 m	8,60 m
Déplacement vide			215,182 t	335,18 t	
Déplacement chargé			335,182 t	575,18 t	

Le graphique (fig. 4) montre la fréquence des niveaux à la Jonction pour deux années de régimes excessifs, 1949 particulièrement sèche et 1951 de grandes précipitations.

Pour connaître complètement les conditions de navigabilité du Rhône, il fallait encore calculer les vitesses du courant sur tout le parcours en fonction des débits de façon à pouvoir établir les horaires des convois et, en même temps, la capacité maximum de transport avec le matériel de quatre barges et du pousseur qui avait été choisi.

Ces données générales établies, il restait à déterminer quelle était la meilleure forme à donner au bâtiment abritant le quai de chargement sur les barges et au canal d'introduction.

Fallait-il choisir le maintien de la barge à un niveau constant au-dessus du plan d'eau le plus élevé en l'introduisant par un lift, ou par l'intermédiaire d'une écluse, ou admettre le chargement à niveau variable en communication directe avec le Rhône ?

Les manœuvres de navigation exécutées sur la maquette furent décisives ; elles étaient télécommandées de la rive par un système électronique, manœuvré par une seule personne et correspondaient à la réalité.

Le plan incliné fut éliminé, car il rejetait trop en aval, dans une partie cintrée de la rive gauche, le quai d'accostage et d'attente des barges pleines ou vides. (La manœuvre finale de mise en place des barges aux quais d'attente et de chargement s'effectuera par des cabestans électriques).

L'écluse demandait des installations moins compliquées, mais une station de pompage importante et une perte de temps qui ralentissait de dix à vingt minutes les opérations de chargement des barges.

La solution finalement adoptée est celle qui est représentée sur la figure 3. Le plan d'eau à l'intérieur du bâtiment varie d'environ 1,50 m dans la limite des débits compatibles avec la navigation.

Les manœuvres de navigation figurent sur un même cliché par effet stroboscopique. C'est ainsi que sur les

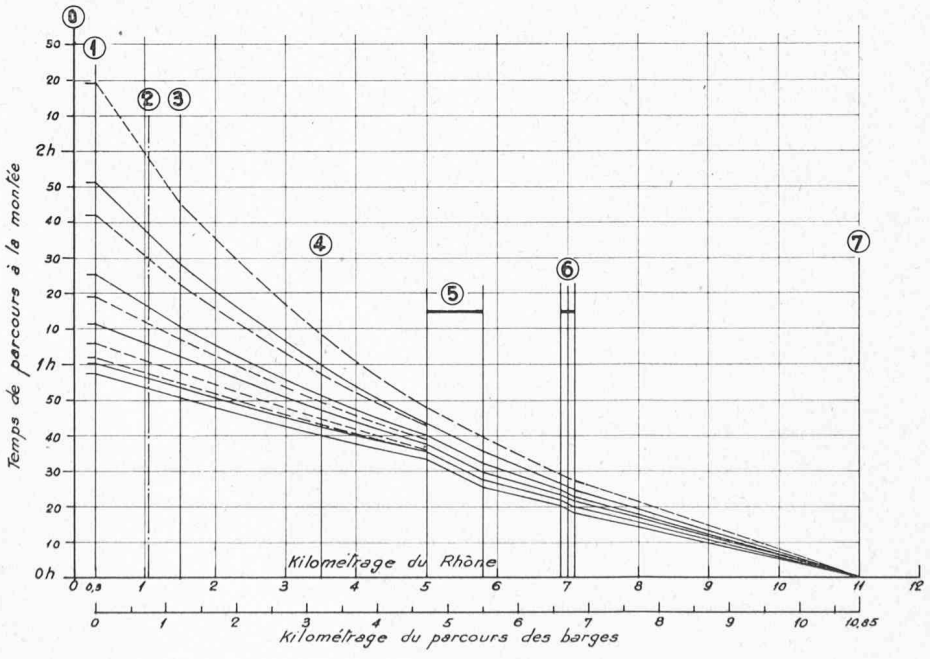

Fig. 5. — Convois poussés entre la Jonction et Verbois. Temps à la remontée pour les débits du Rhône $Q = 150$ à 1000 m³/s.

0 Môle à la Jonction.
1 Chargement Jonction.
2 Pont Butin.
3 Changement de pente.
4 Chargement des boues à Aïre.
5 Courbes du Rhône au Moulin de Vernier.
6 Pont de Chèvres.
7 Port de Verbois.

——— Temps de trajet avec une barge.
- - - - - - - - Temps de trajet avec deux barges.

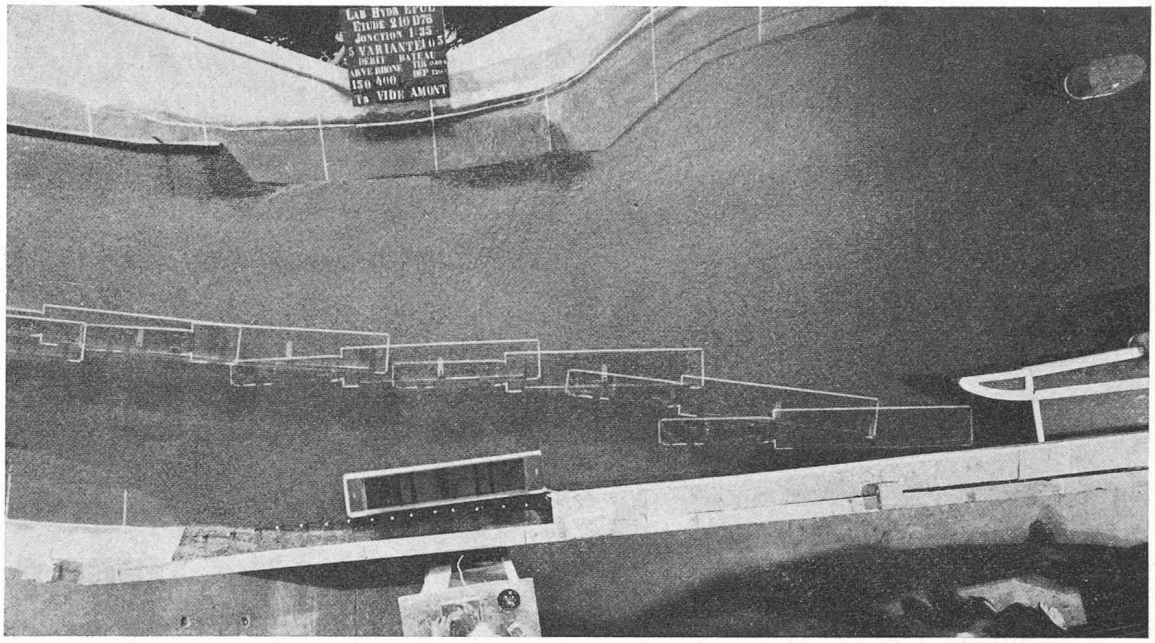

Fig. 6. — Abordage d'un convoi au quai de chargement de la Jonction.

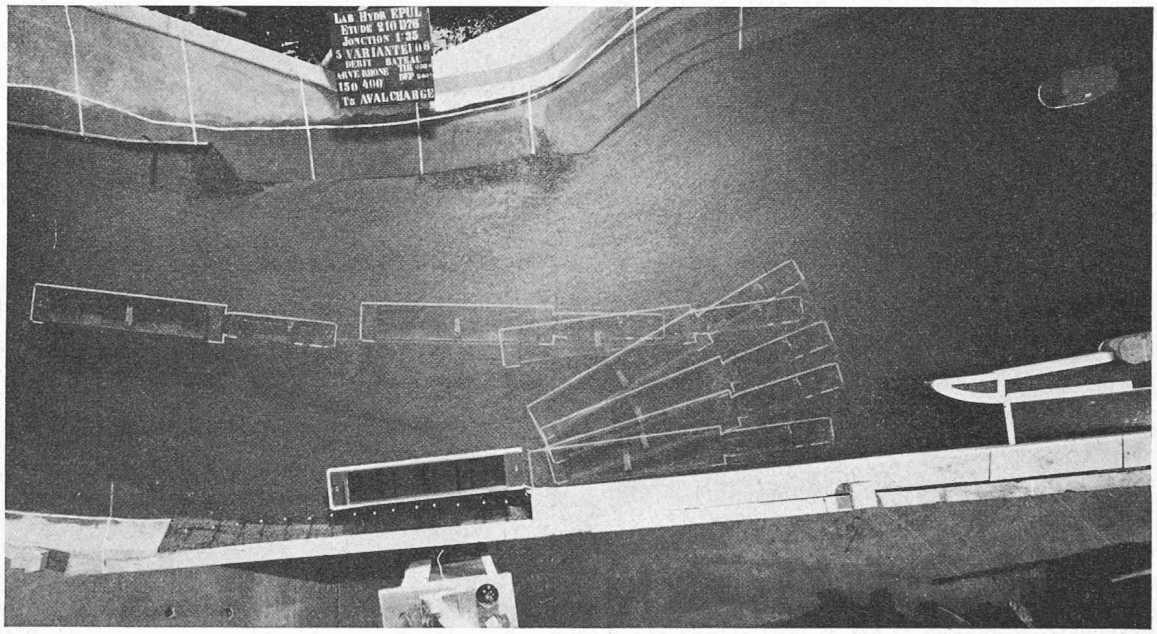

Fig. 7. — Départ d'un convoi.

figures 6 et 7 ci-dessous sont représentées les manœuvres d'abordage pour l'entrée dans le chenal et pour le départ d'un convoi descendant alors qu'une barge est en position d'attente au quai d'accostage. Au bas des photos, le poste de commande électronique. Des temps réguliers séparant chaque position des bateaux, il est possible d'en déduire la vitesse du convoi.

Ces essais de navigation ont permis de contrôler également la forme la plus favorable à donner au musoir prolongeant la pile rive gauche du pont de la Jonction, de façon à avoir le minimum d'érosion ou de dépôt dans le remous créé par sa présence.

Ils ont également permis de déterminer la puissance nécessaire au remorqueur pour exécuter toutes les manœuvres prévues avec les débits variant de 200 à 1000 m^3/s.

D'autre part, lors des essais d'alluvionnement, aucun dépôt n'a pu être constaté sur la rive gauche en aval des piles du pont de la Jonction aux emplacements du chenal d'entrée et le long des quais d'accostage, ce qui est naturel puisqu'on se trouve dans une zone d'accélération de la vitesse des eaux du fleuve.

Aménagements du cours du Rhône

A la suite des résultats très positifs obtenus, tant au point de vue hydraulique que navigation sur la maquette de la Jonction, il fut décidé de procéder de même pour

Fig. 8. — Maquette du passage au pont Butin, échelle 1/35, vue de l'amont.

Au milieu de la photo, les trois piles du pont. La berge gauche en amont du pont a déjà été corrigée et l'approfondissement de la passe gauche exécuté. Cette situation est celle qui figure sur la photo stroboscopique (fig. 10).

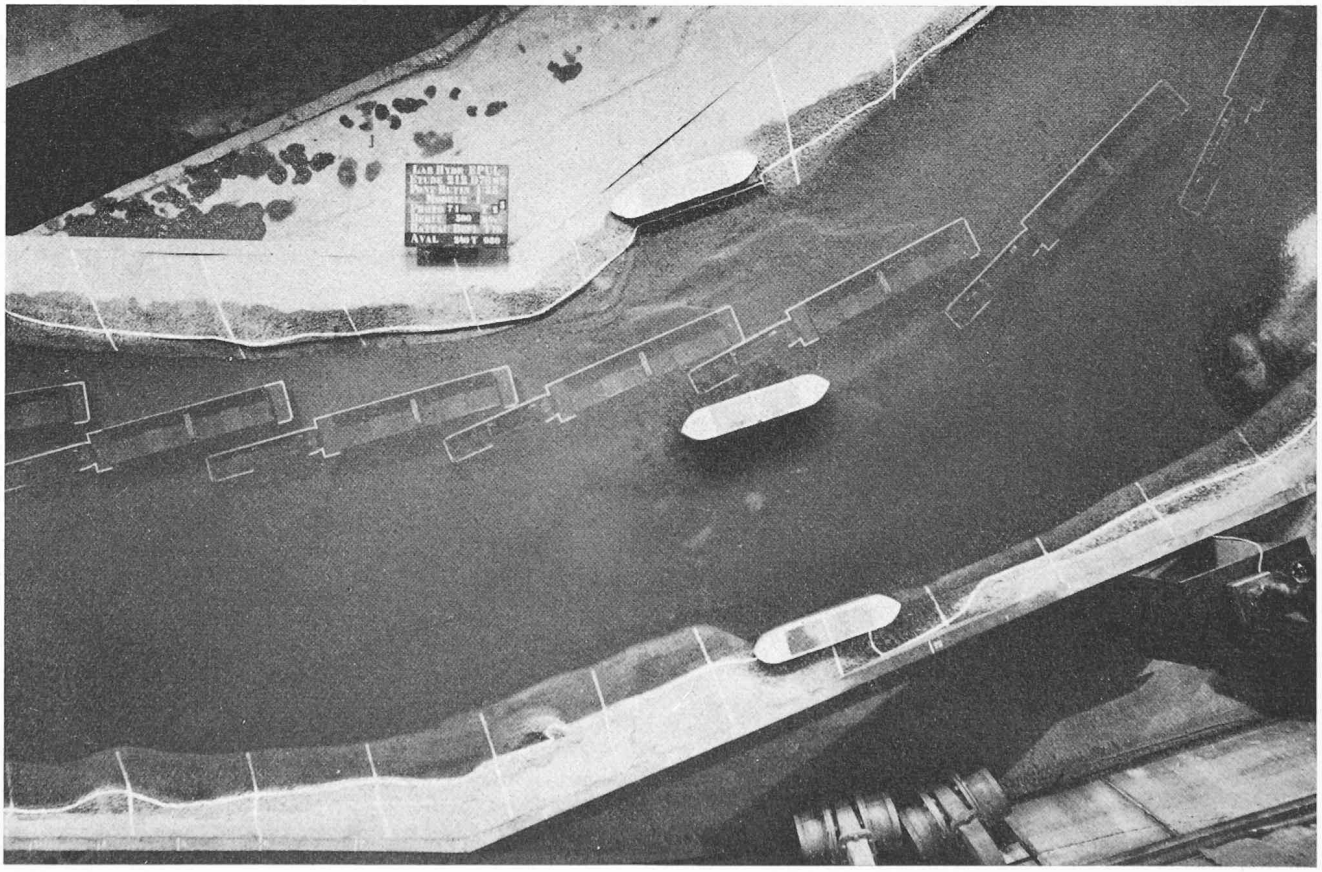

Fig. 9. — Essais de navigation sur le modèle réduit avant la correction du lit.

Remarquer l'étroitesse du passage pour les convois descendants et le danger qui en résulte.

le tronçon fortement incurvé du Rhône sous le pont Butin. Ces essais étaient motivés par les rapports des usagers de la petite navigation qui utilisaient ce secteur, signalant que le courant était très mal réparti entre les deux arches du pont et que de gros blocs de pouding ou de roche obstruaient partiellement la passe rive droite.

Pour réaliser cette maquette, une vingtaine de profils furent relevés à l'échosonde, sur une distance de 500 m environ : ils furent complétés par des sondages divers dans la zone des gros blocs signalés ci-dessus.

Les essais de navigation confirmèrent que l'utilisation de la passe rive gauche était aléatoire et pratiquement très dangereuse par le débit maximum de 1000 m³/s. Deux corrections successives apportées à la rive gauche, en amont du pont, et l'approfondissement progressif de la passe amenèrent peu à peu à une solution acceptable (fig. 8, 9 et 10).

Sur la base de ces essais, il devenait facile d'établir le projet d'exécution de la correction de la rive gauche.

La maquette devait permettre également d'étudier l'élimination des déblais par le courant du Rhône lui-même en les étalant en aval du pont dans le lit. Le résultat de ces essais fut négatif. Il faudra donc charger ces matériaux sur des chalands noyeurs et les transporter sur les hauts-fonds à combler à l'aval dans le secteur de Peney, où ils peuvent être employés à la création d'un lit mineur pour faciliter l'effet de curage des vidanges du bief de Verbois.

En conclusion de cette première partie de l'exposé, on peut affirmer que la dépense élevée consacrée à ces essais d'écoulement et de navigation sur modèles réduits ont apporté des assurances quant à l'efficacité du transport par eau dans des conditions qui ne présenteraient plus d'aléas.

Les autres problèmes d'aménagement du bief de Verbois pour la navigation fluviale ne présentent pas de difficultés majeures. Ils ont pu être résolus par études sur plans et profils.

Quai de chargement des boues d'égout séchées à Aïre

C'est le cas notamment du quai de chargement des boues de la station d'épuration d'Aïre qui, une fois séchées et mises en plaques, seront conduites à l'usine de destruction des ordures de Verbois pour y être soit incinérées, soit compostées. Ces boues représentent environ le $^1/_5$ du poids des ordures transportées.

S'il n'y a pas de difficulté pour implanter le quai d'Aïre, en revanche la solution permettant de charger les barges d'une manière uniforme n'est pas facile à trouver. Différentes idées se sont fait jour ; elles sont actuellement à l'étude. La solution recherchée doit satisfaire trois critères :

1) Stockage des boues en silos réduit au minimum.
2) Lors du chargement sur les barges, répartition des boues aussi uniforme que possible, sur toute la surface des ordures, pour assurer leur mélange au déchargement à l'usine.

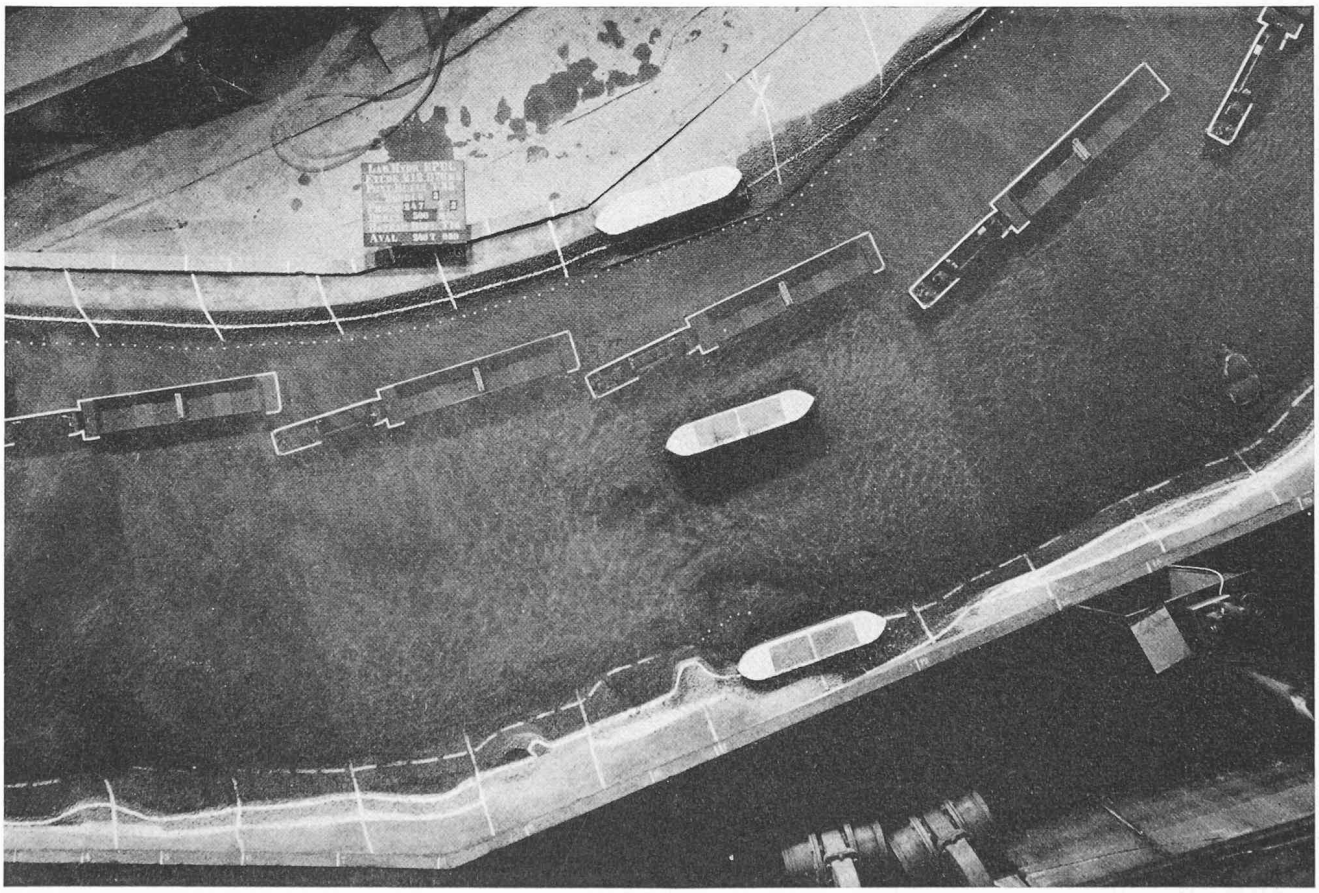

Fig. 10 — Essais de navigation après la correction de la berge gauche et l'approfondissement de la passe gauche.
Les convois passent beaucoup plus facilement et à plus grande vitesse (plus grand chemin parcouru entre deux vues).

3) Manœuvre réduite à un temps minimum pour ne pas allonger le temps de parcours.

A l'emplacement de l'ancienne usine de Chèvres existait une passerelle provisoire à piétons à côté des piles du futur pont. Cette passerelle, qui est à un niveau trop bas, est actuellement démolie et reconstruite sur les piles prévues pour le futur pont. Celui-ci ne sera certainement pas construit pour la mise en service du transport fluvial, c'est-à-dire pour le début de 1966.

Port aval et déchargement des ordures à l'usine de Verbois

Le problème du déchargement des ordures est très différent de celui du chargement. Il faut rappeler que les variations de la retenue à l'usine de Verbois atteignent 1,50 m. Comme les bennes preneuses des ponts roulants de l'usine doivent pouvoir prendre les matériaux toujours au même niveau, la solution qui aurait consisté à faire pénétrer le canal dans l'usine est exclue. Elle aurait entraîné aussi de gros travaux d'infrastructure.

Celle adoptée est de charger les barges sur un lift et de les sortir de l'eau au moyen d'un treuil.

Ce dispositif commande le plan général du port de réception des chalands (voir fig. 11).

Le port aval, dit port des Cheneviers, comporte un quai d'accostage composé d'une lignée de pieux surmontés d'une passerelle et d'un écran vertical en béton armé appuyant sur un appareillage spécial d'absorption du choc des barges à l'accostage. Cet appareillage spécial a fait l'objet d'une étude très poussée dont le détail figure dans le premier chapitre. Ce quai est prolongé le long du canal d'entrée et équipé de cabestans électriques qui permettent d'amener les barges jusque sur le chariot du lift sans utiliser le pousseur qui peut repartir immédiatement après l'accostage, avec une ou deux barges vides pour la Jonction.

Le lift est conçu pour fonctionner aux niveaux des hautes et basses eaux de la retenue fixés par le règlement de barrage de l'usine de Vrebois.

Le lift pour le halage des barges hors de l'eau est constitué par un chariot, composé de deux éléments reliés par une poutre triangulée. Chaque élément du chariot est muni de huit roues de 50 cm de diamètre. Chaque élément pèse 38 tonnes et est calculé pour supporter une charge utile de 150 tonnes, soit au total 300 tonnes (poids propre barge 120 t, charge d'une barge 120 t).

Le chariot est tiré par un treuil d'une capacité de traction de 12,5 t (soit 25 t pour le câble mouflé). La pente du lift est de 5 % et la vitesse de 15 m à la minute.

Le treuil est commandé par un moteur à courant continu d'une puissance de 125 CV, pour avoir une manœuvre aussi souple que possible. Ce moteur est alimenté par un groupe convertisseur Léonard.

Pour la révision des barges et du pousseur, un dock est prévu, sur lequel les bateaux sont halés par un treuil qui entraîne un chariot à mouvement perpendiculaire au lift. La place occupée par le dock est de 15×53 m et est complétée par une aire de montage de 15×71 m.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cet exposé, de s'étendre plus longuement sur ces installations spéciales.

Rappelons que le rôle des barges n'est pas seulement de transporter les ordures le plus économiquement possible, mais aussi de servir d'élément tampon entre le chargement et le déchargement, qui s'effectuent à des rythmes très différents.

En effet, à l'amont c'est la cadence d'arrivée des camions qui règle le chargement et, par conséquent, l'horaire des départs ; à l'aval, la cadence d'entrée des chalands dans l'usine est dictée par la consommation des fours, qui varie entre 200 et 400 tonnes par jour. Des silos d'attente permettent éventuellement d'accélérer le déchargement ou de réceptionner les marchandises à brûler qui arrivent par voie de terre.

Les horaires d'exploitation doivent tenir compte de tous ces éléments et les respecter ne sera pas facile. Il faudra qu'une parfaite coordination existe entre les trois équipes chargées du chargement, du transport et de l'exploitation de l'usine.

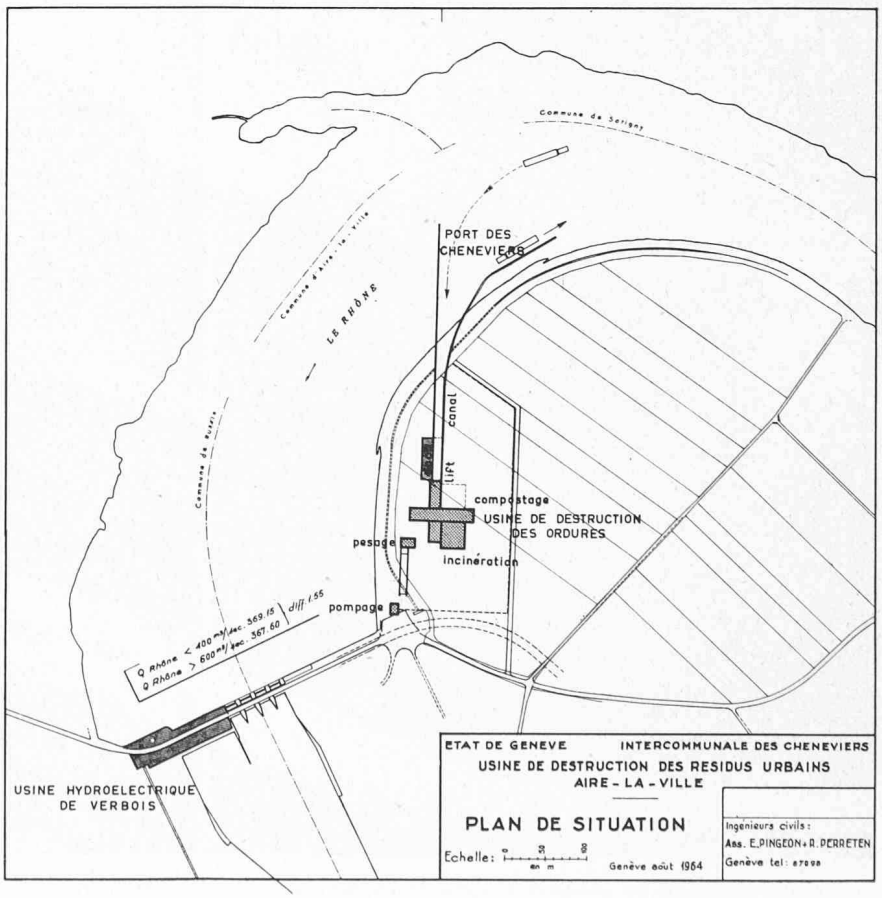

Fig. 11. — Port de Verbois.