Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 90 (1964)
Heft: 9

Artikel: La IIe correction des eaux du Jura
Autor: Chavaz, Fernand / Gygax, Siegfried
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66980

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: 16.07.2025

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

90e année Lausanne, 2 mai 1964 N° 9

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)
de la Section genevoise de la SIA
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: E. Martin, arch. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre, arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua, architecte
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 34.—	Etranger	Fr. 38.—
Sociétaires	»	» 28.—	»	» 34.—
Prix du numéro	»	» 1.60		

Chèques postaux : « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à : Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 350.—
1/2 »	» 180.—
1/4 »	» 93.—
1/8 »	» 47.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

SOMMAIRE

La IIe correction des eaux du Jura, par Fernand Chavaz, sous-directeur, et Siegfried Gygax, chef de section à l'Office fédéral de l'économie hydraulique.
Actualité industrielle (28). — Bibliographie. — Divers. — Les congrès.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

LA IIe CORRECTION DES EAUX DU JURA

par FERNAND CHAVAZ, sous-directeur, et

SIEGFRIED GYGAX, chef de section à l'Office fédéral de l'économie hydraulique

I. Introduction

A. *La première correction des eaux du Jura*

Il y a moins d'un siècle, l'Aar ne se jetait pas dans le lac de Bienne, mais, à partir d'Aarberg se dirigeait directement vers Büren. Un peu en amont de cette localité, à Meienried, elle recevait la Thielle, l'émissaire d'alors du lac de Bienne (fig. 1).

Commencés en 1868, les travaux de la première correction des eaux du Jura (CEJ) furent terminés en 1891. Ils ont été exécutés selon les plans de l'ingénieur grison *La Nicca* (fig. 2). L'Aar fut introduite dans le lac de Bienne par l'intermédiaire d'un nouveau chenal construit à cet effet : le canal de Hagneck. Comme le lit de la Thielle ne répondait pas aux nouvelles conditions, on construisit également le canal de Nidau à Büren, dont le tracé suit en partie celui de l'ancien cours de la Thielle. En outre, les cours d'eau reliant d'une part le lac de Morat à celui de Neuchâtel et d'autre part ce dernier à celui de Bienne, furent agrandis et redressés ; ce sont les canaux de la Broye et de la Thielle actuels.

La première correction avait été nécessaire, car les plaines situées autour des trois lacs et le long de l'Aar entre Aarberg et le confluent de la Grande-Emme étaient marécageuses et même inondées périodiquement. En effet, à partir d'Aarberg, l'Aar entrait dans le Seeland et sa pente diminuait fortement. Elle n'était donc plus en mesure de transporter plus loin les matières solides qu'elle charriait ; celles-ci se déposaient donc. Ainsi se constitua peu à peu un cône de déjection, à faible pente il est vrai, mais qui, avec sa pointe à Aarberg s'étendit au cours des siècles jusque dans la région de Büren. Cette élévation du lit de l'Aar provoqua aussi celle de son confluent avec la Thielle, d'où une réduction sans cesse accrue de la capacité d'évacuation du lac de Bienne et une élévation générale du niveau des trois lacs.

Quant aux inondations submergeant la plaine de l'Aar, elles étaient causées par les gros débits de ce cours d'eau, lors des crues, comme aussi par le niveau élevé de son lit, constitué par un seuil rocheux, à l'embouchure de la Grande-Emme. En réalité, l'Aar en aval

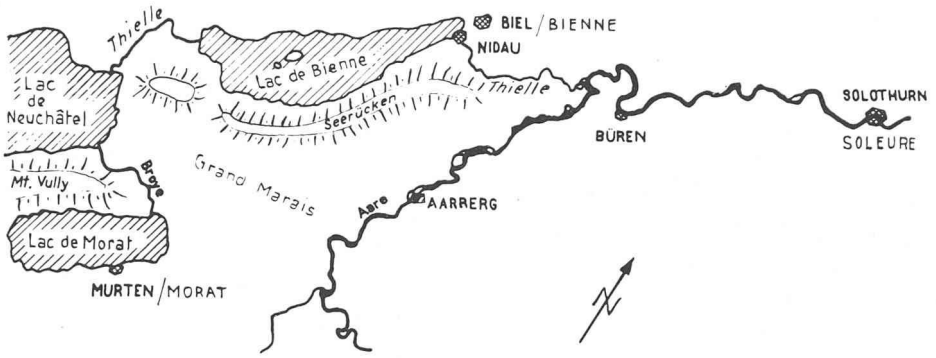

Fig. 1. — Les cours d'eau du Seeland avant la première correction.

de Soleure se trouvait autrefois à une cote moins élevée, mais la Grande-Emme et ses alluvions avaient réussi à déplacer peu à peu le lit de l'Aar jusque sur le seuil rocheux en question, situé donc à l'emplacement actuel du confluent des deux cours d'eau.

Grâce à son introduction dans le lac de Bienne, l'Aar put y déverser ses propres alluvions sans qu'il en résulte des inconvénients. Le canal de Nidau à Büren fut construit de manière à permettre l'abaissement des niveaux moyens des trois lacs de 2,50 m environ (fig. 3), ce qui permit d'assurer l'assainissement sans pompage des plaines riveraines des lacs. Afin toutefois d'éviter un abaissement trop prononcé du niveau de ceux-ci en basses eaux, un barrage de régularisation fut érigé à Port, près de Nidau, sur le canal de Nidau à Büren. Cet ouvrage devenu vétuste et menaçant ruine a été remplacé par un barrage moderne durant les années 1936 à 1939. On renonça par contre aux travaux prévus primitivement à l'aval de Büren afin de diminuer les niveaux de crue dans la vallée de l'Aar, ces crues ayant diminué fortement grâce à la dérivation de celle-ci dans le lac de Bienne. Quant à l'aménagement des canaux de la Broye et de la Thielle, il eut pour effet d'assurer une certaine interdépendance des trois lacs, malgré l'abaissement général de leurs niveaux.

B. *Les effets de la première correction des eaux du Jura et l'historique de la deuxième*

L'expérience montra rapidement que l'idée principale de la première correction, à savoir l'introduction de l'Aar dans le lac de Bienne et la construction du canal de Nidau à Büren était juste. Après leur assainissement et leur mise en culture, les plaines riveraines des lacs, autrefois marécageuses et pratiquement incultes, devinrent des terrains particulièrement fertiles. Le Seeland et la vallée de l'Aar, d'Aarberg à Soleure, purent se développer normalement. La première correction des eaux du Jura, une œuvre remarquable due à la largeur de vue des cantons intéressés et à l'aide technique et financière de la Confédération, avait fait ses preuves.

Mais en 1910 survinrent deux importantes crues qui provoquèrent à nouveau de graves inondations autour des lacs et dans la vallée de l'Aar. Bien que les cotes maximums des niveaux des lacs prévues par La Nicca ne furent pas atteintes, on commença à soulever la question d'une deuxième correction destinée à compléter la première. Et pourquoi ? L'utilisation des terrains le long des rives des lacs avait eu lieu sans que l'on ait tenu compte suffisamment des niveaux élevés et même très élevés que pourraient encore atteindre les niveaux des lacs ; on avait demandé davantage à la première correction que ce que l'on était en droit d'en attendre. En outre, par suite de l'abaissement de la nappe phréatique et de la mise en culture du sol, certaines parties des plaines riveraines des lacs — là où le sous-sol comporte d'épaisses couches de tourbe — avaient subi depuis la première correction des tassements parfois importants, de sorte que des crues relativement modestes suffisaient à nouveau, sinon pour les inonder, du moins pour les détremper en empêchant l'évacuation par gravité des précipitations tombant sur leur surface. Actuellement, ces tassements atteignent un mètre environ.

Ainsi, dès 1913, les cantons intéressés firent établir des projets en vue d'améliorer la situation ; mais ils n'étaient que partiels, en ce sens qu'ils ne visaient à supprimer que certains inconvénients. Ce fut le mérite de l'ancien ingénieur en chef du Service des eaux du canton de Berne, M. *Arthur Peter*, de dresser, le premier, en 1921, un projet général tenant compte de tous les aspects du problème : protection contre les inondations, production d'énergie électrique, navigation, etc. Mais, pour diverses raisons — en particulier la grande crise économique qui a précédé la dernière guerre mon-

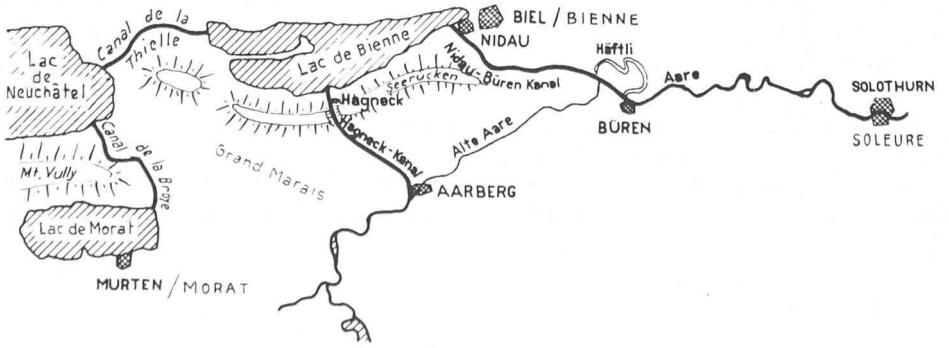

Fig. 2. — Les cours d'eau du Seeland après la première correction.

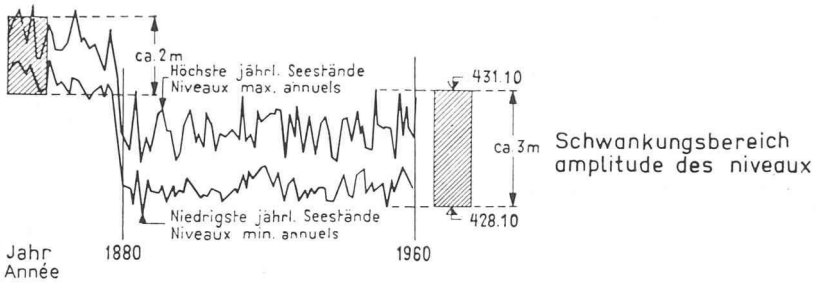

Fig. 3. — Les niveaux annuels extrêmes (moyennes des trois lacs) avant et après la première correction.

diale — ce projet ne fut pas réalisé, à l'exception du nouveau barrage de régularisation à Nidau-Port, mentionné au chapitre précédent. On sait que ce nouveau barrage, dont les dimensions ont été choisies de manière à satisfaire à tout projet ultérieur de correction du canal de Nidau à Büren, a été muni d'une écluse de navigation moderne, ce qui permet aux bateaux de le franchir sans aucune difficulté.

A fin 1944, alors que les projets de correction semblaient définitivement oubliés, de graves inondations (fig. 4 et 5) se produisirent à nouveau, incitant notre service, d'entente avec les cantons, à reprendre les études en vue d'améliorer la situation et d'éviter le renouvellement d'une telle catastrophe. Les données disponibles étant fragmentaires et en partie surannées, il fallut commencer par procéder à toute une série de levés, jaugeages, nivellements, etc., afin de préciser les conditions du problème. De nombreux sondages furent exécutés le long des canaux et de l'Aar et plusieurs géologues furent chargés d'établir des cartes et des coupes géologiques détaillées de toute la région intéressée. On s'assura aussi que les seules solutions pouvant entrer en ligne de compte consistaient à accroître la capacité des canaux existants, les autres possibilités, telle que la réutilisation de l'ancien cours de l'Aar entre Aarberg et Meienried en périodes de hautes eaux, ou l'accumulation temporaire d'une partie des apports de crue aux lacs du Jura dans les lacs naturels, ou les retenues hydro-électriques sises plus en amont, étant inapplicables ou beaucoup moins rationnelles et plus onéreuses. Puis, de nouveaux projets furent établis et soumis au Conseil fédéral en 1952 par les cinq cantons intéressés de Berne, Fribourg, Soleure, Vaud et Neuchâtel, avec une demande de subvention fédérale. Dans sa

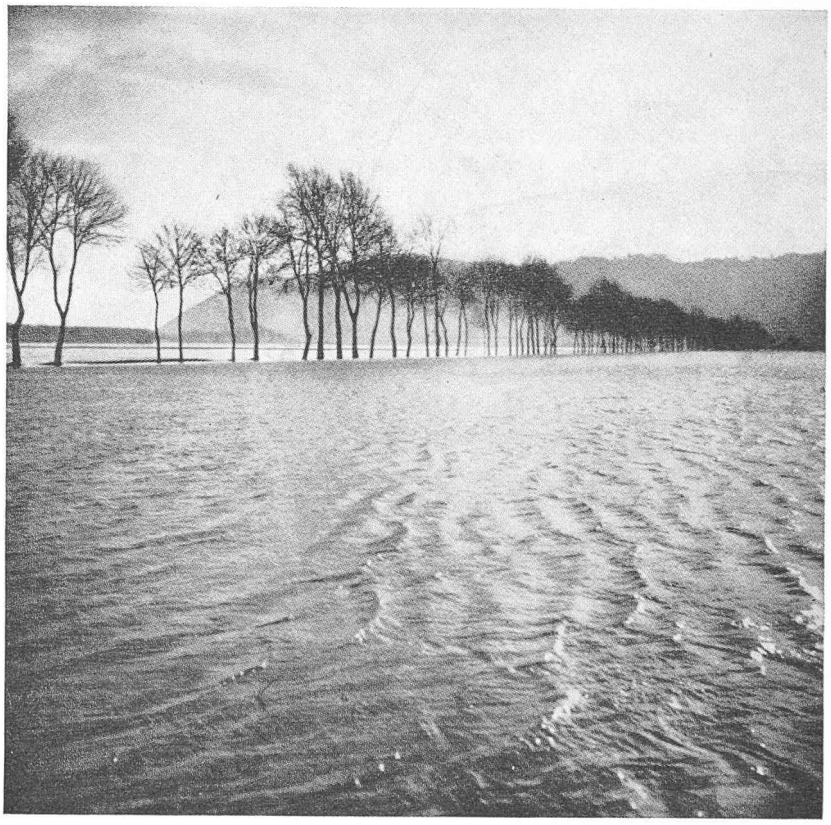

Fig. 4. — Inondation du domaine de Witzwil en novembre/décembre 1944.

(Service photographique des Troupes d'aviation)

Fig. 5. — Vue aérienne de la plaine de l'Aar entre Büren et Soleure, a en novembre 1944. Débit de l'Aar à Nidau : 700 m³/sec.

réponse aux cantons, le Conseil fédéral recommandait en particulier à ceux-ci de créer un bureau technique ad hoc ayant pour mission d'établir le projet définitif puis, par la suite, de diriger la réalisation des travaux. Les crues désastreuses de 1950, 1952 et 1955 précipitèrent l'évolution de la situation. Le 17 octobre 1956, les cinq cantons signaient une convention par laquelle ils s'engageaient à mettre au point, puis à réaliser la deuxième correction. Au début de 1957, ils créaient le bureau des projets et des travaux de la deuxième correction, conformément aux recommandations du Conseil fédéral, et en confiaient la direction au professeur *Robert Müller*, Dr ès sc. techn., jusqu'alors professeur d'hydraulique générale et d'hydraulique fluviale à l'Ecole polytechnique fédérale.

Le projet définitif établi par le professeur Müller, tel qu'il est en cours de réalisation actuellement, a été soumis par les cantons au Conseil fédéral au début de 1959. Le 5 octobre 1960, les Chambres fédérales l'approuvaient et décidaient d'accorder aux cinq cantons, maîtres de l'œuvre, une subvention fédérale s'élevant au 50 % du montant des travaux, devisé à 88,7 millions de francs. Après que le financement des participations cantonales fut également assuré, les premiers travaux furent mis en soumission en 1961 et adjugés au début de 1962.

Les cantons participent dans la proportion suivante au montant des travaux, déduction faite de la subvention fédérale :

Fribourg	12,9 %
Vaud	11,3 %
Neuchâtel	8,1 %
Berne	40,2 %
Soleure	27,5 %
Total	100,0 %

II. La IIe correction des eaux du Jura

A. *Les conditions posées par les cantons*

Le but essentiel de la deuxième correction est de protéger le Seeland et la vallée de l'Aar entre Bienne et l'embouchure de la Grande-Emme contre les inondations. Elle doit aussi éviter de trop bas niveaux des lacs et de l'Aar. Quant aux niveaux moyens de ces cours d'eau, ils doivent rester autant que possible les mêmes que ceux observés actuellement.

Les niveaux extrêmes après la deuxième correction — niveaux qui correspondent donc aux conditions posées par les cantons — sont indiqués dans la partie droite de la figure 6. Il en résulte que les niveaux de crue des lacs seront abaissés d'un mètre environ, c'est-à-dire de la hauteur des tassements survenus depuis la première correction. De leur côté, les niveaux d'étiage seront plus élevés qu'actuellement ; il s'ensuit que l'amplitude des futures variations des niveaux des lacs sera réduite de moitié. Quant aux limites des dégâts indiquées au milieu de la figure 6, elles ne seront dépassées que très légèrement. L'abaissement de plus d'un mètre également des niveaux maximums de l'Aar à Soleure aura pour conséquence de libérer aussi la vallée de l'Aar en amont du confluent de la Grande-Emme du danger d'inondation.

Les dimensions du projet de la deuxième correction ont été déterminées en se fondant sur les apports aux trois lacs durant les grandes crues des années 1944, 1950, 1952 et surtout 1955 (fig. 7) ; notre service avait calculé ces apports à chacun des lacs en partant de leurs niveaux et des débits correspondants dans les trois canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren.

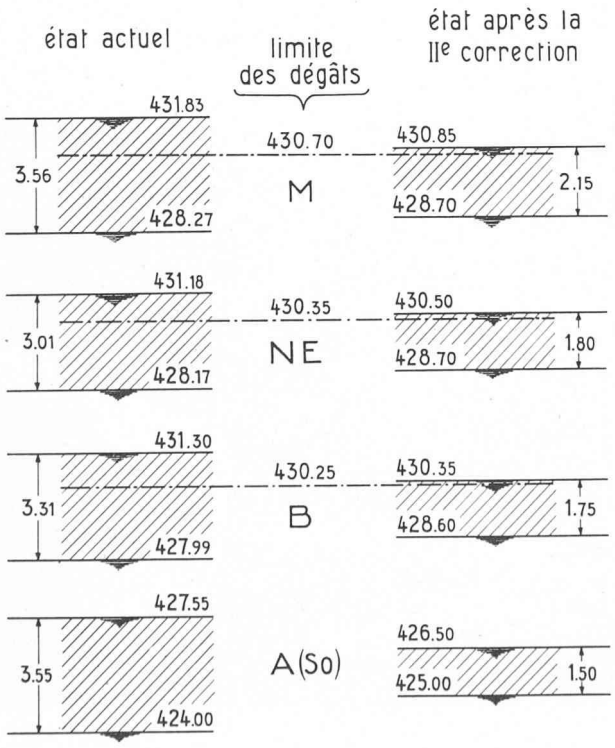

Fig. 6. — Amplitude des variations des niveaux des lacs et de l'Aar à Soleure et limites des dégâts.

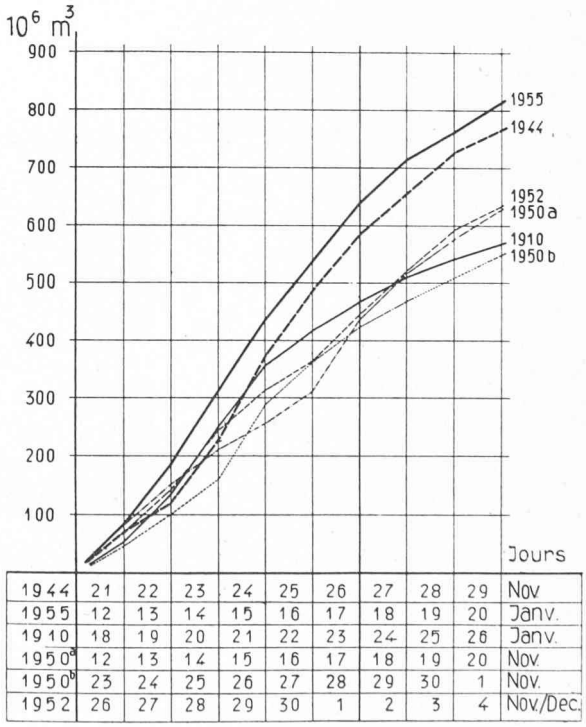

Fig. 7. — Courbes intégrales des apports aux trois lacs durant les dernières grandes crues.

B. *Les mesures nécessaires*

En périodes de hautes eaux, les apports aux lacs du Jura dépassent de beaucoup la capacité de leur émissaire, le canal de Nidau à Büren ; le supplément est donc retenu dans les lacs et provoque la crue de ceux-ci. Lorsque le niveau du lac de Bienne est à la cote 429.15 m.s.m. (niveau moyen environ), le débit du canal de Nidau à Büren est de 340 m³/sec, le barrage de Nidau-Port étant tout ouvert. Or, les apports journaliers aux trois lacs peuvent atteindre 1700 m³/sec. Le plus fort débit sorti du lac de Bienne jusqu'à maintenant a été enregistré en 1944 ; il s'est élevé à 700 m³/sec, le niveau du lac de Bienne étant à la cote 431.30 m.s.m., c'est-à-dire à une cote dépassant largement celle de la limite des dégâts.

L'abaissement des niveaux maximums des lacs d'environ un mètre tout en conservant leurs niveaux moyens actuels aura pour conséquence de réduire fortement leur capacité de rétention des eaux de crue. On ne pourra donc atteindre un tel objectif qu'en augmentant la capacité de l'émissaire du lac de Bienne de manière à compenser cette diminution de la rétention. L'examen des crues passées a montré que pour respecter les conditions posées par les cantons quant aux futurs niveaux de crue, il sera nécessaire d'augmenter la capacité du canal de Nidau à Büren d'au moins 200 m³/sec, ceci pour des niveaux moyens du lac de Bienne (fig. 8).

Cet accroissement des débits du canal de Nidau à Büren ne devrait naturellement pas causer de dommages aux riverains d'aval. Or actuellement, des inondations commencent à se produire entre Büren et Soleure dès que le débit de l'Aar atteint 500 à 550 m³/sec ; il est donc nécessaire d'augmenter la capacité du lit de l'Aar à l'aval de Soleure. En considérant le profil en long de l'Aar entre Bienne et Hohfuhren (fig. 9), on reconnaît rapidement les causes principales de cette situation ; ce sont les niveaux trop élevés du plafond du canal de Nidau à Büren, comme aussi ceux des fonds de l'Aar entre Soleure et Hohfuhren.

Selon le projet de deuxième correction des eaux du Jura, le canal de Nidau à Büren sera approfondi de 5 mètres environ. A l'aval de Soleure, le lit de l'Aar sera également approfondi — et en partie élargi — jusqu'au confluent de la Grande-Emme ; en aval de ce point l'approfondissement ira en diminuant peu à peu

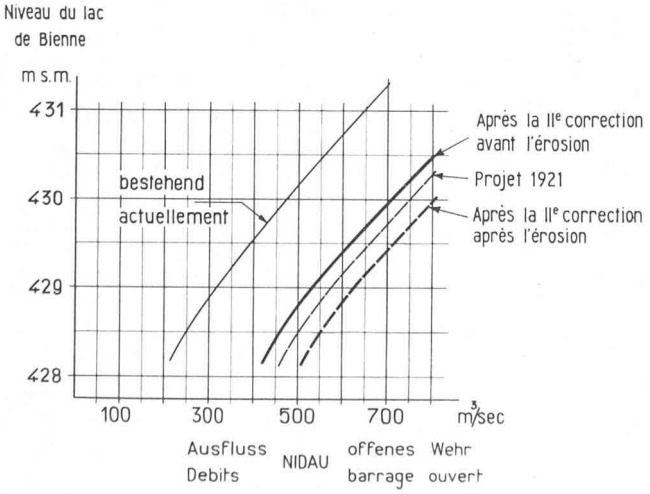

Fig. 8. — Capacité du canal de Nidau à Büren.

pour mourir à Hohfuhren. Il résultera de ces mesures qu'une fois la deuxième correction réalisée, un débit de 750 m³/sec, correspondant à un niveau de 430.25 m.s.m. du lac de Bienne, pourra s'écouler sans causer de dommages. Du fait de cette augmentation du débit, comme aussi par suite de l'accroissement de la pente et par conséquent de la vitesse consécutive aux approfondissements du lit de l'Aar prévus en aval de Soleure, il est probable que le tronçon de ce lit situé entre Büren et Soleure — formé de sable très fin — s'approfondira naturellement peu à peu au cours des ans de plus de 4 mètres.

Cette érosion, en soi favorable, présentera toutefois certains inconvénients contre lesquels il conviendra de prendre des mesures appropriées de prime abord. C'est ainsi que le fond de l'Aar devra être protégé artificiellement au travers des villes de Büren et de Soleure et que dans les autres sections de ce cours d'eau, un cordon supplémentaire d'enrochements devra protéger les revêtements de berge contre les affouillements qui pourraient menacer leur pied.

L'érosion naturelle en question causera également un abaissement supplémentaire des niveaux de l'eau le long de cette section, ce qui provoquera une nouvelle augmentation de la capacité du canal de Nidau à Büren (fig. 8). Il conviendra donc de protéger aussi, en partie tout au moins, le radier de ce canal.

Les approfondissements du lit de l'Aar en aval de Soleure n'abaisseront pas seulement les niveaux de crue, mais aussi ceux d'étiage, ce qui ne serait acceptable ni pour l'Aar plus en amont, ni pour le canal de Nidau à Büren. C'est la raison pour laquelle le projet de deuxième correction comportait un barrage de régularisation implanté en amont de l'embouchure de la Grande-Emme. Ce barrage, qui devait être complètement ouvert en périodes de hautes eaux, devait permettre de maintenir le niveau de l'Aar à Soleure à la cote 425.50 m.s.m. Mais les fonctions d'un tel ouvrage peuvent être remplies avantageusement par le barrage d'une usine électrique utilisant les forces hydrauliques de l'Aar dans cette région. Tous les partenaires de la deuxième correction ont donc espéré qu'il ne serait pas nécessaire d'ériger le barrage de régularisation prévu, mais que l'on construirait bientôt l'usine hydro-électrique en question, à l'étude depuis longtemps. Nous avons l'avantage de pouvoir écrire aujourd'hui que la construction de cette usine — ce sera l'usine de Flumenthal, du nom du village soleurois voisin — sera construite très prochainement, de sorte que son propre barrage pourra remplir les fonctions prévues par la deuxième correction. Bien entendu, l'étude du projet de cette usine a été faite en tenant compte des besoins de la deuxième correction, de manière que les effets de celle-ci n'en soient aucunement réduits.

Le barrage de Flumenthal sera manœuvré de manière à maintenir le niveau de l'Aar à Soleure à la cote 426.00 m.s.m., c'est-à-dire à une cote supérieure de 50 cm à celle qu'aurait permis de maintenir le barrage de régularisation envisagé. L'érosion prévue en aval de Soleure aura des effets favorables pour cette ville, en ce sens que les niveaux de crue également seront abaissés à cette même cote de 426.00 m.s.m. environ. Ainsi, après la deuxième correction, le niveau de l'Aar à Soleure sera pratiquement constant.

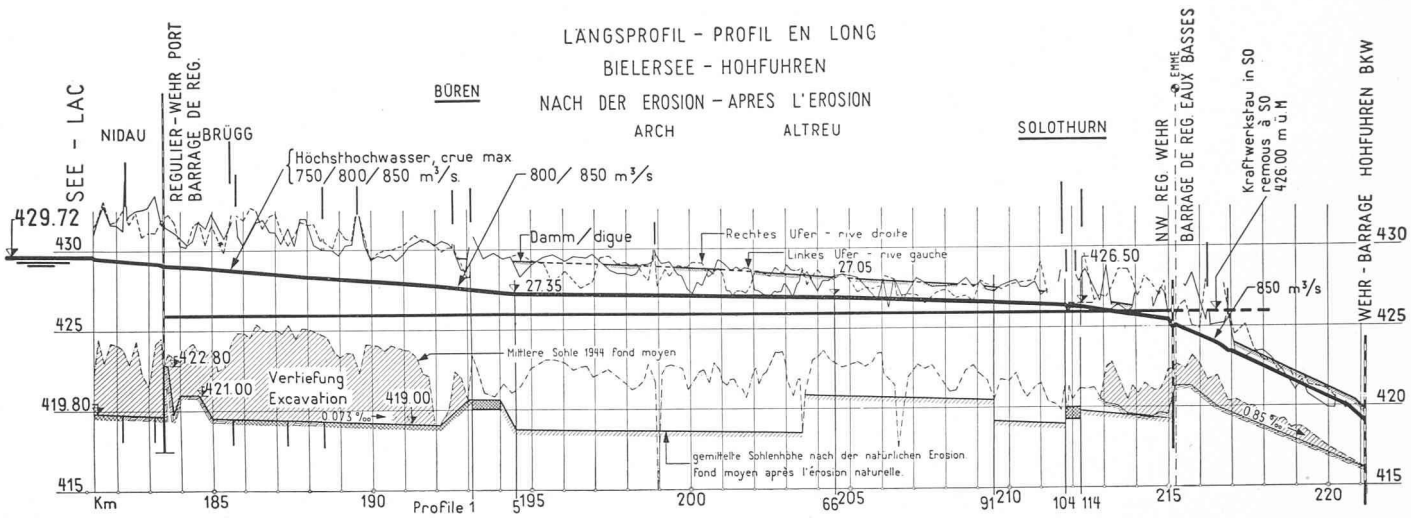

Fig. 9. — Profils en long du niveau moyen du radier et des niveaux maximums de l'Aar entre le lac de Bienne et le barrage de Hohfuhren, après la deuxième correction.

Les surfaces hachurées indiquent l'approfondissement du canal de Nidau à Büren ainsi que celui de l'Aar à l'aval de Soleure faisant partie de la IIe Correction. La ligne hachurée entre Büren et l'embouchure de l'Emme indique l'érosion naturelle ultérieure attendue. Le barrage de Flumenthal, avec retenue à la cote 426.00 m.s.m. à Soleure, sera construit aux environs du km 217.3.

Si l'on considère aujourd'hui le régime de chacun des lacs, on constate rapidement qu'en ce qui concerne ceux de Morat et de Bienne, les variations de leurs niveaux sont beaucoup plus rapides que celles du lac de Neuchâtel. Les apports de crue spécifiques — donc rapportés à la surface respective des lacs — sont en effet de 8,3 m³/sec et km² pour le lac de Morat, de 12,5 m³/sec et km² pour le lac de Bienne et de 3 m³/sec et km² seulement pour celui de Neuchâtel. Aujourd'hui déjà, le grand lac de Neuchâtel serait donc en mesure d'améliorer fortement les niveaux de crue du lac de Morat et même ceux du lac de Bienne, s'il était possible d'y introduire plus rapidement les apports à ces lacs. Mais ce n'est pas le cas, les sections transversales des canaux de la Broye et de la Thielle étant insuffisantes. Le lac de Morat peut donc s'élever jusqu'à près d'un mètre au-dessus du lac de Neuchâtel et causer des inondations le long de ses rives et de celles du canal de la Broye, alors que le lac de Neuchâtel accuse des niveaux encore tout à fait acceptables. De même, le niveau du lac de Bienne peut dépasser celui du lac — pourtant situé en amont — de Neuchâtel. D'autre part, du fait de la faible capacité du canal de la Thielle, l'abaissement des niveaux de crue de ce dernier lac est très lent. Il faut donc de bas niveaux du lac de Bienne pour provoquer de forts débits dans le canal de la Thielle, mais lorsque les niveaux du lac de Bienne sont bas, ce sont alors les débits du canal de Nidau à Büren qui sont faibles !

Pour dimensionner les profils en travers des canaux, on s'est basé, comme pour l'Aar en aval du lac de Bienne, sur les apports aux lacs lors des dernières grandes crues. Il s'avéra nécessaire d'augmenter de trois à quatre fois la section des deux canaux de la Broye et de la Thielle. Cet accroissement de la section sera réalisé par élargissement et approfondissement des profils actuels. Du point de vue hydraulique, les trois lacs formeront alors un seul grand réservoir, puisque les niveaux de chacun d'eux seront presque semblables à tout instant.

L'ordre selon lequel il convient d'exécuter les divers travaux de correction prévus est donné par l'importance de l'amélioration qu'ils sont en mesure d'apporter à la situation actuelle. Comme il est de règle que le lac de Morat inonde le grand Marais par l'amont, ce qui fait qu'on le considère comme le principal responsable des dommages subis par cette vaste région, on a prévu de commencer les travaux par la correction du canal de la Broye ; ainsi, en période de crues, le lac de Morat pourra se déverser beaucoup plus vite dans le grand lac de Neuchâtel.

La correction du canal de Nidau à Büren, destinée à augmenter l'évacuation des eaux du lac de Bienne, aura lieu parallèlement à celle du canal de la Broye, mais elle demandera davantage de temps. Quant aux travaux en aval de Soleure, ils devraient être terminés à peu près à la même époque que ceux du canal de Nidau à Büren, de manière à pouvoir utiliser immédiatement la capacité accrue de celui-ci. Restera enfin la correction de la Thielle qui, elle, pourra être effectuée en dernier lieu sans grave inconvénient.

C. *Le projet et sa réalisation*

1. *Généralités*

La situation générale (fig. 10) indique l'emplacement et la nature des divers travaux à réaliser. Ils seront exécutés de manière que le paysage soit modifié aussi peu que possible. C'est ainsi, en particulier, qu'en de nombreux endroits, la végétation recouvrant les rives actuelles sera conservée et que celle-ci sera reconstituée là où il faudra l'enlever, en s'inspirant des directives données dans une expertise du Dr Hunziker, de Zurich, effectuée sur mandat de l'Association pour la protection de la nature dans le canton de Berne.

L'adaptation des ponts aux nouvelles dimensions des canaux et de l'Aar nécessitera diverses solutions. C'est ainsi que les ponts-routes existants sur les canaux de la Broye et de la Thielle devront être remplacés par de nouveaux ouvrages. En ce qui concerne les ponts sur le canal de Nidau à Büren et le pont d'Arch sur l'Aar, leurs fondations devront être approfondies et renforcées ; il serait pourtant indiqué de saisir cette occasion pour remplacer les ouvrages les plus anciens par de

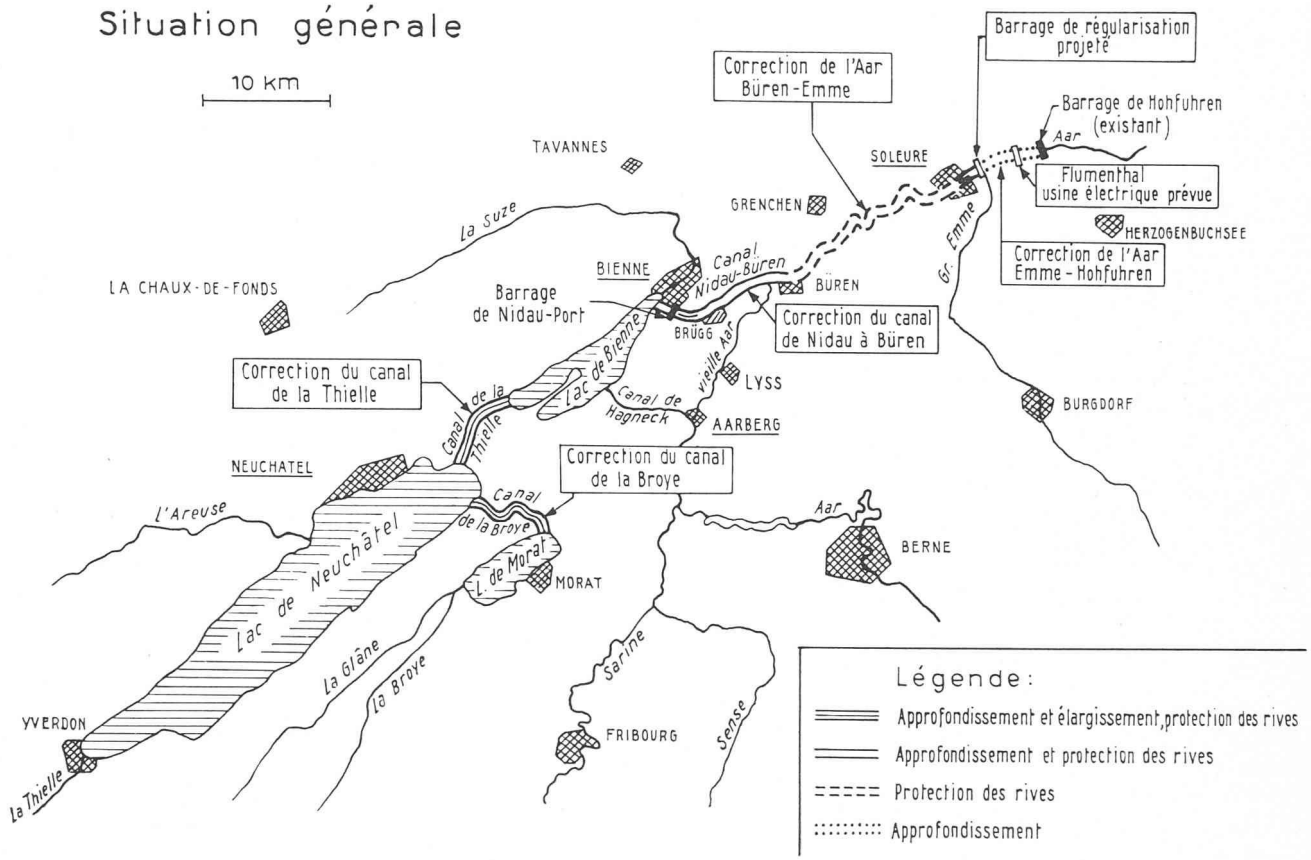

Fig. 10. — Situation générale.

nouveaux adaptés au trafic actuel. Quant aux ponts de Büren et de Soleure, ils ne sont pas touchés par la deuxième correction.

Par ailleurs, un service archéologique spécial a été organisé afin de déceler et exploiter les sites archéologiques qui pourraient se trouver dans la zone des travaux. Ces derniers sont donc suivis constamment par une archéologue expérimentée qui dirige les fouilles, exécutées en majeure partie par des volontaires aux endroits où de premières reconnaissances permettent de supposer que l'on pourrait procéder à des découvertes intéressantes. Jusqu'à maintenant, l'activité de ce service s'est cantonné dans la zone du canal de la Broye.

Nous décrirons maintenant les divers travaux prévus en donnant, lorsque ceux-ci sont déjà en cours, des indications sur les dispositions adoptées et les installations mises en œuvre pour les réaliser. Il est à noter que le programme des travaux a été établi en supposant un délai de construction de onze ans environ pour l'ensemble des travaux.

2. *Canal de la Broye (en construction)*

Le canal de la Broye sera approfondi et élargi sur toute sa longueur de 8,8 km. L'élargissement a lieu en principe d'un seul côté, de manière à conserver une des berges existantes. Dans les courbes, il a lieu sur la rive intérieure du canal ; il en résulte un léger redressement de l'axe de ce dernier. La figure 11 indique les dimensions du nouveau profil en travers du canal.

Le canal de la Broye traverse surtout des terrains argilo-sableux, des couches de tourbe pouvant aussi être rencontrées. Les talus des nouvelles berges ont une pente de 1 à 3 au-dessous de la berge immergée et de 1 à 2 au-dessus. Les berges seront protégées par de la chaille de carrière ; dans la partie supérieure — de pente plus forte et soumise à l'effet des vagues — la couche de chaille sera recouverte par des enrochements, de sorte que dans cette zone la chaille jouera surtout le rôle de couche filtrante. Afin d'éviter une érosion du fond du canal dans les parties curvilignes, celui-ci sera recouvert en ces endroits, sur la moitié extérieure du radier, d'une couche de chaille de 20 cm d'épaisseur. A chaque extrémité du canal, l'un des deux môles sera démoli, puis reconstruit à une certaine distance, conformément à la nouvelle largeur du chenal. Quant au môle conservé, il sera renforcé.

Le volume des terrains à excaver est de 2,3 millions de m³ environ. Ces matériaux seront en presque totalité immergés dans les lacs de Morat et de Neuchâtel, toute autre solution étant d'un coût prohibitif.

Les travaux du canal de la Broye ont été adjugés, au début de 1962, à un consortium formé des entreprises Losinger, Schafir & Mugglin, Sagrave et Reimann pour une somme de 12,5 millions de francs environ. Pour commencer, il a fallu aménager un port avec installations de transbordement, bureaux, ateliers, etc. Ce port est situé sur la rive droite du canal, à 400 m environ en amont du pont de Sugiez. Il comporte essentiellement un mur de quai avec rideau de palplanches, d'une longueur de 100 m environ. Cet ouvrage, dûment prolongé et complété, pourrait constituer le futur port de Sugiez du Canal transhelvétique (fig. 12).

Les travaux du canal de la Broye sont exécutés au moyen d'un outillage et de méthodes classiques.

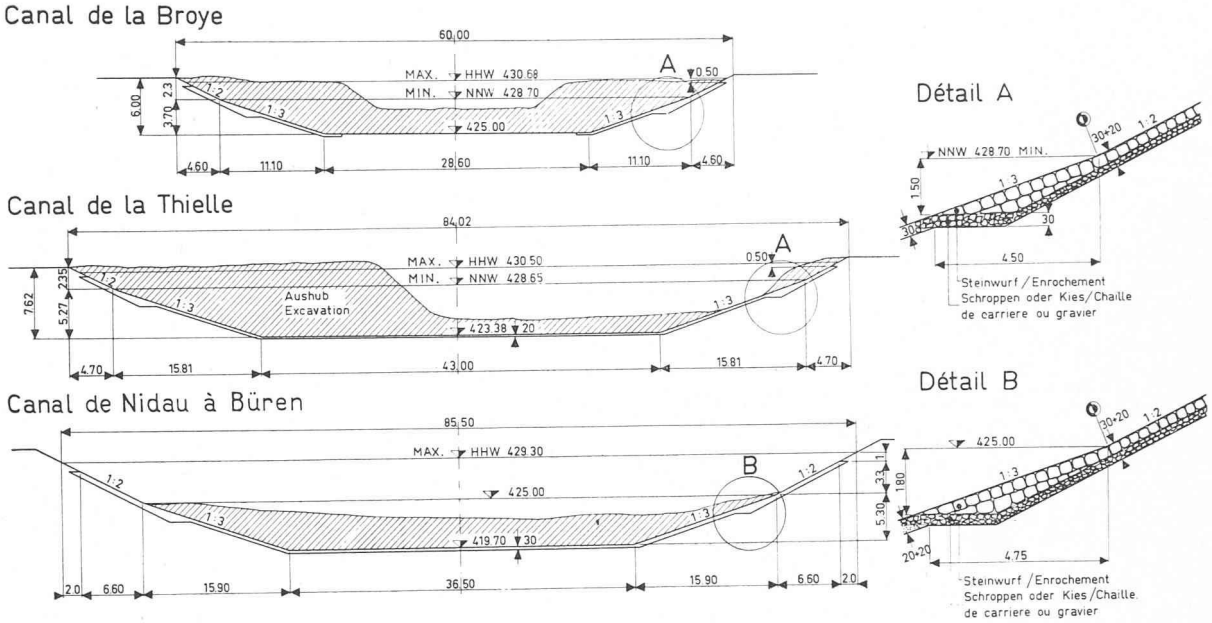

Fig. 11. — Les profils en travers des trois canaux avant et après la deuxième correction.

L'excavation, commencée par des draglines se déplaçant sur le terrain (fig. 13), est complétée par une drague flottante à godets de 150 litres (fig. 14). Une drague analogue godets de 50 litres (fig. 15) assure la mise au gabarit exact du profil. Diverses autres machines plus petites complètent le parc de l'outillage nécessaire pour exécuter les travaux conformément au cahier des charges. Les matériaux excavés non utilisés pour remplir les dépressions situées dans le voisinage du canal sont transportés au moyen de bateaux à clapets : automoteurs et barges poussées (fig. 16) dans le lac de Morat où ils sont immergés dans des zones bien déterminées d'une profondeur de 15 à 20 m, en ayant soin qu'une tranche d'eau de 10 m d'épaisseur subsiste au-dessus des fonds remblayés.

La terre végétale ainsi que les matériaux excavés au-dessus du niveau de l'eau et destinés à remplir des dépressions du terrain, voisines du canal, sont entreposés provisoirement sur les rives de celui-ci.

Leur transport ultérieur aux lieux d'emploi et leur mise en place sont effectués par camions. Dans le cadre des travaux de la deuxième correction des eaux du Jura, 60 000 m³ d'excavations seront utilisés à de tels remplissages. En outre, 150 000 m³ supplémentaires seront mis à la disposition du canton de Fribourg, à l'intention du Syndicat d'amélioration foncière groupant les propriétaires de la région.

La mise en place des protections des rives et du fond du canal a lieu au moyen d'installations spéciales ; chaille et enrochements sont répartis en une couche d'épaisseur appropriée sur une portière comportant un dispositif à jalousies

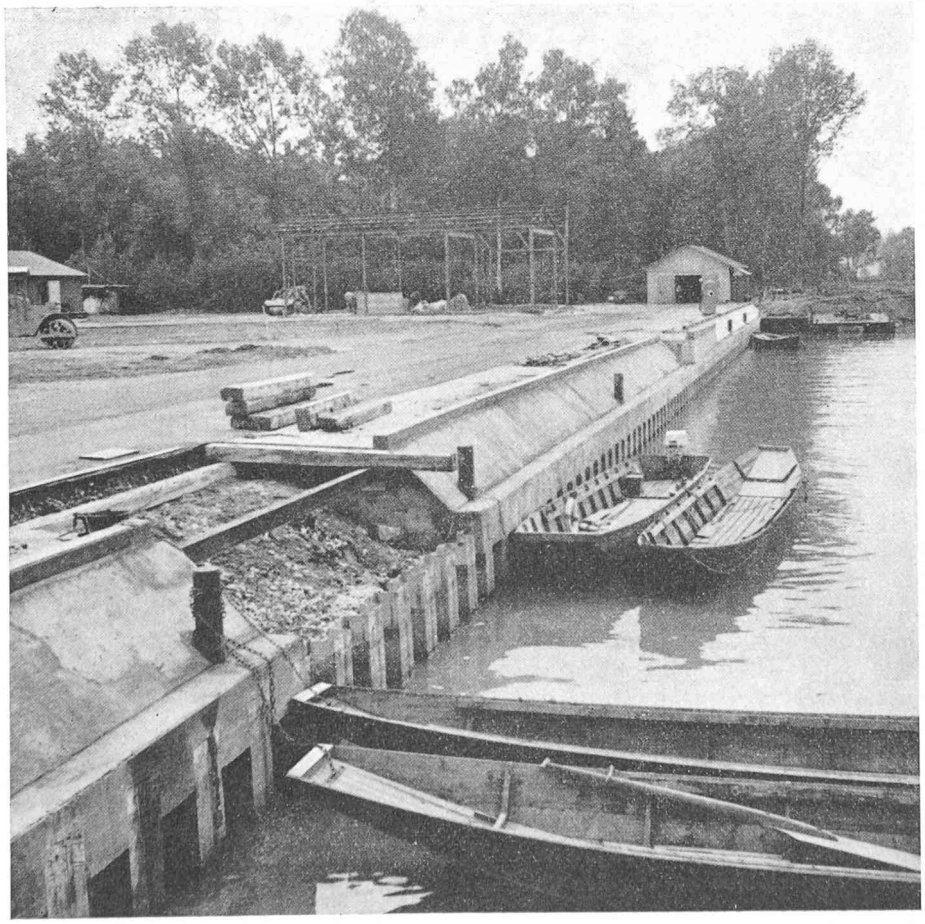

Fig. 12. — Le nouveau port de Sugiez.

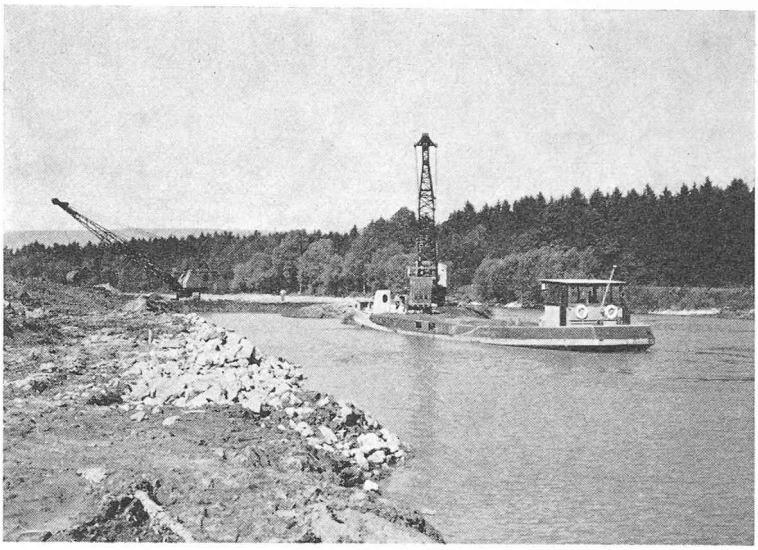

Fig. 13.
Excavations au moyen de draglines.
Le dragline à gauche de la photographie enlève la terre végétale et l'entrepose au bord du canal.

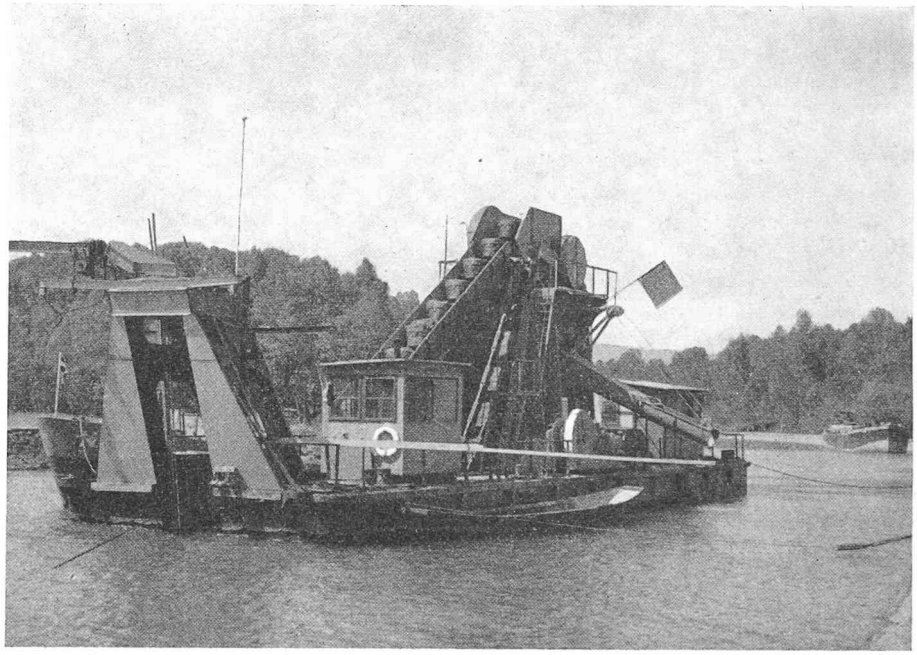

Fig. 14.
Grande drague flottante, avec godets de 150 litres.

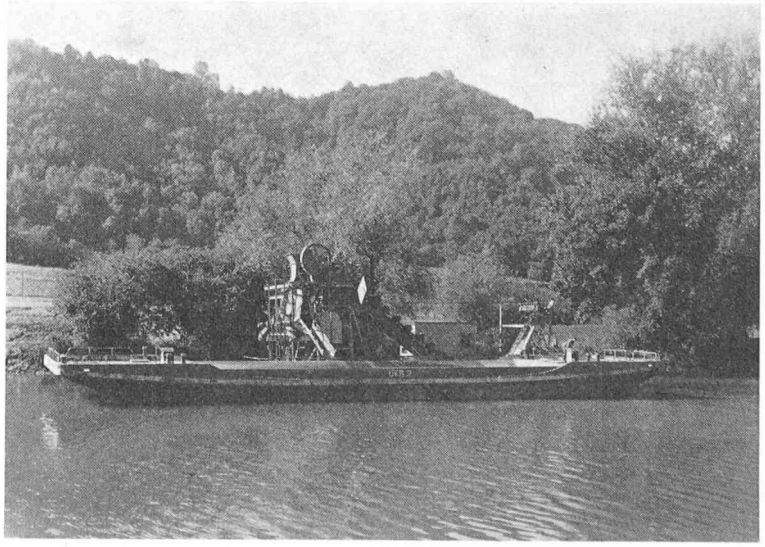

Fig. 15.
Petite drague flottante, avec godets de 50 litres.

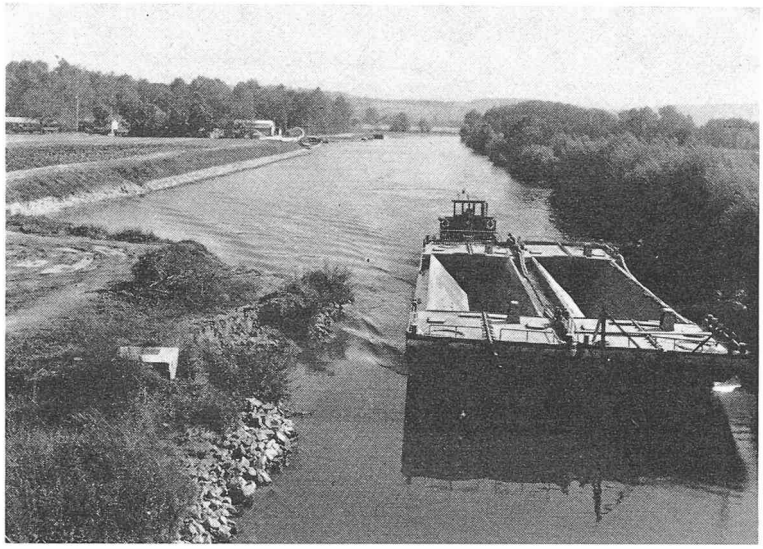

Fig. 16. — Convoi poussé pour transport des excavations du canal de la Broye. Au premier plan, le canal actuel ; en arrière, le canal approfondi et élargi.

(fig. 17 et 18), puis déversés au-dessus des zones à protéger en ouvrant les jalousies en question. Trois types différents d'installations de ce genre sont en service, selon que la mise en place a lieu au-dessus ou au-dessous de l'eau, comme aussi suivant le genre de végétation pouvant déjà se trouver dans la zone à protéger.

Les matériaux pierreux sont transportés par camions de la carrière, située à Cornaux, au port de Sugiez où ils sont entreposés, puis chargés sur les embarcations qui assurent leur transport à pied d'œuvre. Une pelle mécanique montée sur des pontons et équipée d'une griffe répartit ensuite ces matériaux sur les portières à jalousie. Deux catégories de pierres, d'un volume total de 170 000 m³, sont utilisées. Ce sont des enrochements de 20 à 40 cm de grosseur et de la chaille de 2 à 20 cm. Les détails concernant le mode de protection des rives ressortent de la figure 11.

Les travaux sont effectués d'amont — donc du lac de Morat — en aval, ceci afin d'éviter que lors des crues des matériaux soient entraînés par le courant et se déposent dans les parties déjà aménagées du canal.

Les travaux sont exécutés actuellement à une cadence supérieure à celle prévue par le programme des travaux. Il est donc probable que la correction du canal de la Broye sera terminée avant la fin du délai de cinq ans imparti pour ces travaux.

3. *Canal de la Thielle*

Comme le canal de la Broye, celui de la Thielle, d'une longueur de 8,4 km, sera approfondi et élargi unilatéralement (fig. 11), de manière à diminuer les frais et à augmenter le rayon de courbure des tronçons curvilignes. Les matériaux excavés, d'un volume de 2,4 millions de m³, seront en principe déversés dans les lacs de Neuchâtel et de Bienne. La protection des berges sera analogue à celle adoptée pour le canal de la Broye ; toutefois, on a prévu de renoncer à toute protection là où le canal se trouvera dans de l'argile compacte. Les môles également seront analogues à ceux du canal de la Broye. Le volume total de la chaille et des enrochements à mettre en place sera de 200 000 m³ en chiffres ronds. Selon le programme des travaux, la correction du canal de la Thielle sera effectuée en dernier lieu, à la suite de celle du canal de la Broye. La durée des travaux a été estimée à cinq ans et demi.

4. *Canal de Nidau à Büren (en construction)*

Le canal de Nidau à Büren, d'une longueur de près de 12 km, sera approfondi de 5 m en conservant les berges existantes (fig. 11), sauf sur un court tronçon situé entre le barrage de Nidau-Port et Brügg. Dans cette région en effet, il faudra élargir le canal sur la rive gauche, les terrains détrempés et de consistance défavorable situés sur la rive droite ayant pris une pente de 1 à 6 qu'il serait imprudent de modifier. Le volume total des excavations sera de 2,7 millions de m³ ; celles-ci seront immergées dans le lac de Bienne.

La protection des rives sera du même type que celui adopté pour les canaux en amont. Il sera nécessaire de protéger aussi le radier du canal, là où celui-ci se

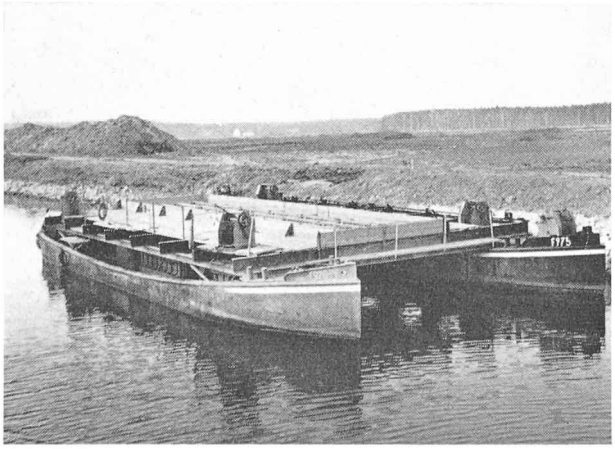

Fig. 17. — Installation à jalousies pour la mise en place des matériaux pierreux sur le radier et la partie inférieure des berges du canal.

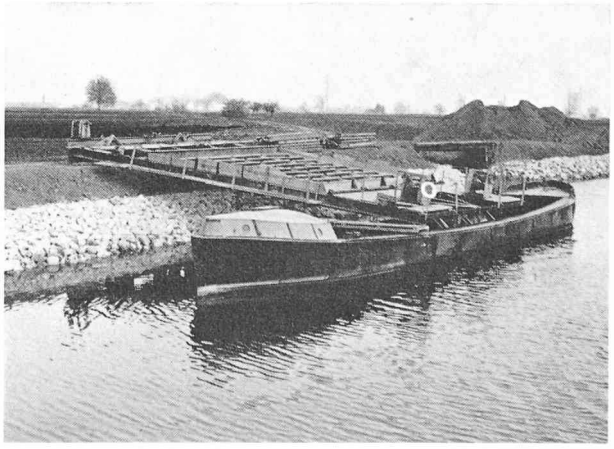

Fig. 18. — Installation à jalousies pour la mise en place des matériaux pierreux sur la partie supérieure des berges.

trouvera dans des sables fins. Le volume total des matériaux destinés à ces protections : gravier provenant des excavations ainsi que chaille et enrochements provenant du Jura, sera de 420 000 m³.

Les travaux, à réaliser dans un délai de sept ans, ont été adjugés au début de 1962 à un consortium groupant les entreprises Bless, Heller, Pulver, Bühler & Otter ainsi que Sateg, pour un montant de 23 millions de francs. Le coût plus élevé de ce lot, comparé à celui du canal de la Broye, est dû en partie à un plus grand volume de travaux, mais surtout au fait qu'ils devront être exécutés dans des conditions plus difficiles : cou rant d'eau plus rapide, profondeur d'eau plus grande, excavation de 800 000 m³ dans la moraine de fond du glacier du Rhône constituée ici par de l'argile très compacte, etc.

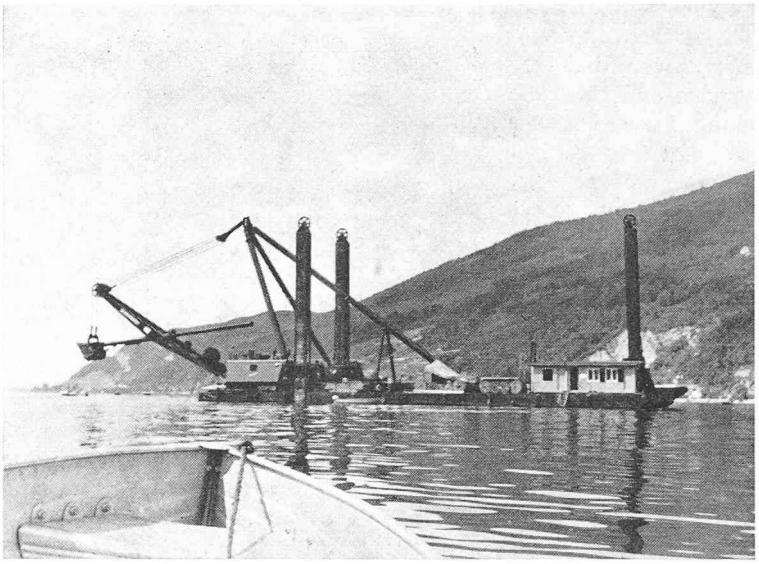

Fig. 19. — Vue générale du Manitowoc, les béquilles (spuds) levées.

Pour tenir compte de ces conditions défavorables, il a fallu prévoir l'exécution des excavations au moyen d'autres procédés que ceux adoptés au canal de la Broye. C'est ainsi qu'elles seront réalisées au moyen d'une puissante pelle flottante américaine «Manitowoc» (fig. 19 et 20) munie d'une benne ou d'une griffe de 4,5 m³. Lorsqu'elle travaille, toute l'installation repose sur trois béquilles (spuds) s'appuyant sur le fond du canal. L'installation a été construite en Amérique en fonction des dimensions de l'écluse de Nidau, puisqu'elle doit pouvoir travailler en amont et en aval de celle-ci ; la longueur de l'ensemble est de 45 m, sa largeur de 11,40 m. Elle a été amenée en pièces détachées à Brügg et montée sur un chantier installé ad hoc par le consortium sur la rive droite du canal, 300 m environ à l'amont du pont de l'autoroute Bienne-Lyss. Ce n'est guère qu'une année après l'adjudication des travaux que cette installation a pu entrer en service ; il a fallu ensuite lui apporter diverses modifications, de sorte que c'est depuis décembre 1963 seulement qu'elle peut travailler à plein rendement.

Les bateaux à clapets automoteurs nécessaires pour le transport des excavations et des matériaux destinés aux protections des berges et du radier sont aussi des prototypes. A fin 1963, quatre de ces engins étaient en service ; deux autres devaient être livrés incessamment.

Les matériaux pierreux destinés aux protections proviennent d'une carrière installée à Douanne-Burgfluh par le consortium et exploitée en régie par celui-ci. Leur transport, de la carrière au port de Douanne, où ils sont chargés sur les bateaux qui les transporteront au lieu d'emploi, est assuré par un téléférique d'un type également nouveau. Comme au canal de la Broye, la mise en place des protections du radier et des berges au-dessous de la berme immergée aura lieu au moyen d'un dispositif flottant à jalousies ; au-dessus de la berme, elle est assurée par un Gradall monté sur une plateforme flottante. Il est prévu d'utiliser aussi du gravier provenant des excavations, en lieu et place de chaille, lors de la constitution des couches de protection.

5. *L'Aar entre Büren et Hohfuhren*

Cette section de l'Aar à corriger, de 28 km de longueur environ, sera subdivisée en deux tronçons. Celui d'amont, d'une longueur de 22 km en chiffres ronds, sera aménagé par la IIe Correction elle-même, alors qu'en sa qualité de future concessionnaire de l'usine de Flumenthal, la Société anonyme Aare-Tessin, à Olten (ATEL), se chargera des travaux à effectuer à l'aval du confluent de la Grande-Emme, moyennant versement par la IIe Correction du montant prévu à son devis pour ces travaux.

Le long du tronçon amont, donc entre Büren et l'embouchure de la Grande-Emme, il sera nécessaire d'exécuter des travaux de diverses natures. C'est ainsi qu'au travers des villes de Büren et de Soleure, le lit de l'Aar devra être approfondi, puis recouvert d'un tapis de chaille et d'enrochements d'une épaisseur pouvant atteindre 60 cm, ceci afin d'éviter tout danger d'érosion des fondations des ouvrages : quais, ponts, etc., situés le long de ces sections, dans le lit ou sur les rives de l'Aar. Entre Büren et Soleure, ce sont les rives — aujourd'hui presque partout en mauvais état — qu'il faudra régler à la pente maximum admissible de 2 à 3 et protéger par une couche de chaille et d'enrochements de 55 à 80 cm d'épaisseur. L'épaisseur maximum de

Fig. 20. — Le Manitowoc remplissant un bateau à clapet d'une capacité de 300 m³ à l'entrée du canal de Nidau à Büren.

80 cm concerne le revêtement de la berge extérieure des courbes, au-dessous du niveau minimum actuel de l'Aar. Le pied de toutes les berges, à l'extérieur des courbes et le long des tronçons rectilignes, devra être renforcé par un cordon d'enrochements d'un poids total de 2 à 2,5 tonnes par mètre courant ; ce cordon constituera une protection supplémentaire contre l'érosion. En revanche, les berges intérieures des courbes ne seront pas protégées, mais conservées en leur état naturel.

A l'aval de Soleure et jusqu'à l'embouchure de la Grande-Emme, le lit de l'Aar sera surtout approfondi. Des élargissements ne sont prévus qu'en deux endroits. On ne pourra procéder au déroctage de la barre molassique située près du confluent de la Grande-Emme qu'à l'abri d'un remous au moins partiel causé par la future usine de Flumenthal ; en effet, en l'absence d'un tel remous, le niveau de l'Aar s'abaisserait trop à l'amont, notamment au travers de la ville de Soleure. Ici aussi la protection des rives sera analogue à celle des canaux, avec en outre le cordon d'enrochements supplémentaires déjà mentionné, à titre de protection contre l'érosion. Les travaux de ce lot, qui s'étend donc de Büren au confluent de la Grande-Emme, comprennent l'excavation de 580 000 m³ et la mise en place de 525 000 m³ de matériaux de protection. Ils ont été mis en soumission l'automne dernier. A fin 1963, l'adjudication n'avait pas encore eu lieu.

6. *Les effets de la deuxième correction et le futur règlement du barrage de Nidau-Port*

Les effets de la deuxième correction dépendront dans une forte mesure du futur règlement, qui prescrira les manœuvres à effectuer au barrage de Nidau, règlement qui n'existe pas encore sous sa forme définitive. Selon l'arrêté fédéral du 5 octobre 1960, ce règlement, comme celui du barrage de Flumenthal, devra être établi par les cantons, puis soumis à l'approbation du Conseil fédéral. Le règlement du barrage de Nidau devra prescrire en particulier les débits à évacuer à ce barrage en fonction des niveaux du lac de Bienne, comme aussi le niveau de ce lac à partir duquel le barrage devra être entièrement ouvert. Du fait qu'après la deuxième correction, les débits de l'Aar seront plus élevés de 200 à 250 m³/sec, par rapport à leur valeur actuelle, le barrage de Nidau étant tout ouvert, il en résultera une augmentation des débits de crue de l'Aar. Un accroissement des débits maximums de celle-ci ne pourrait toutefois être accepté par les riverains d'aval ; on a donc prévu de limiter à 850 m³/sec le débit à Murgenthal. Lors de très grandes crues de la Grande-Emme, il faudra donc, dans certains cas, fermer en partie le barrage de Nidau. Une telle mesure sera toutefois sans influence sensible sur les niveaux des lacs, car elle ne sera que de courte durée.

L'abaissement massif des niveaux de crue assurera un drainage naturel du Seeland et de la vallée de l'Aar. Une surface de 120 km² sera ainsi mise à l'abri de tout danger d'inondation ou d'humidité excessive.

Les tassements des zones tourbeuses des plaines riveraines, de l'ordre d'un mètre actuellement, continueront probablement. On a estimé qu'à longue échéance, ils pourraient encore augmenter d'un demi-mètre ; les limites de dégâts s'abaisseraient alors d'autant (fig. 21). Il faudrait alors abaisser les niveaux moyens, surtout en hiver, dans une mesure analogue afin de maintenir un volume de rétention suffisant. La deuxième correction a été dimensionnée assez largement pour qu'une telle mesure puisse être prise, au cas où elle deviendrait nécessaire.

A vues humaines, la deuxième correction constituera donc une solution définitive aux problèmes posés depuis des siècles par les eaux dites du Jura.

En fait, la deuxième correction ira même au-delà puisque, grâce à elle et sous réserve de travaux d'adaptation à effectuer à l'écluse de Nidau et à certains ponts, tout le tronçon de plus de 90 km de longueur compris entre Yverdon et la future usine de Flumenthal se prêtera à une grande navigation future. En effet, pour des raisons d'ordre hydraulique, comme on l'a vu, les dimensions des canaux et de l'Aar seront telles qu'elles dépasseront les normes fixées pour les voies navigables dites d'intérêt européen. L'adaptation des ponts, là où la deuxième correction nécessitera ou facilitera la construction de nouveaux ouvrages, sera faite aussi, compte tenu de la navigation future. D'ailleurs, sur un autre plan également, et non seulement dans l'intérêt de la navigation, la deuxième correction constitue un exemple ; elle montre en effet que, lorsque les cantons intéressés s'entendent pour réaliser une grande œuvre, la Confédération n'hésite pas à les aider dans toute la mesure du possible.

BIBLIOGRAPHIE

F. Chavaz : La nouvelle correction des eaux du Pied du Jura. *Bulletin de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles*, Vol. 43, 1953.

F. Chavaz et M. Baer : La régularisation des lacs du Pied du Jura. *Cours d'eau et énergie*, nº 7/8/9, 1957.

Prof. Dr. R. Müller : Die II. Juragewässerkorrektion. *Cours d'eau et énergie*, nº 1/2, 1959.

Prof. Dr. R. Müller : Die II. Juragewässerkorrektion, Plan, Nº 2, 1963.

J. Noverraz : La deuxième correction des eaux du Jura. *Bulletin technique de la Suisse romande*, nº 14, 1960.

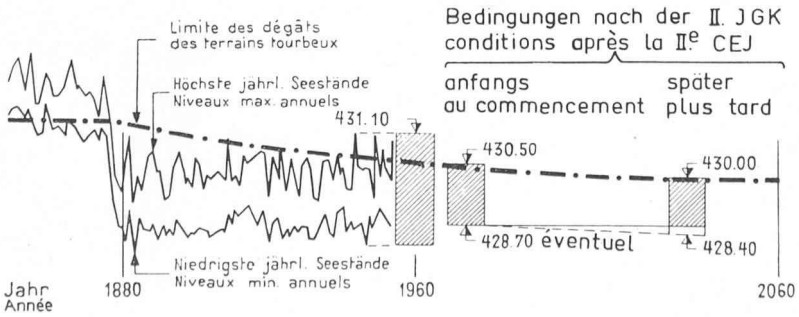

Fig. 21. — Niveaux extrêmes annuels des lacs (moyenne des trois lacs) et abaissement probable de la limite des dégâts dû aux tassements des terrains tourbeux.