Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 81 (1955)

Heft: 21-22: École polytechnique fédérale Zurich: centenaire 1855-1955, fasc. no 2

Artikel: La nouvelle correction des eaux du pied du Jura

Autor: Chavaz, Fernand / Baer, Maurice

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61373

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: 14.07.2025

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

étanches rendent de plus en plus possible et économique la construction de ces ouvrages, qu'en principe on devrait s'efforcer de *placer en tête* de toute nouvelle usine.

III. Conclusion

L'énergie hydraulique est une de nos rares matières premières en Suisse.

Elle doit être utilisée aussi complètement que possible, c'est-à-dire que nous devons nous acheminer à plus ou moins brève échéance (vingt à trente ans) vers l'équipement total de nos cours d'eau, soit environ 30 milliards de kWh annuels, le double de la production actuelle.

L'énergie de nos usines hydrauliques, surtout de celles qui restent à construire, est relativement chère, il faut donc lui donner le plus de valeur marchande possible, c'est-à-dire en faire de l'énergie de pointe.

Cette énergie de pointe augmentera encore de valeur, le jour où la base de notre courbe de consommation sera fournie à puissance constante par des usines atomiques. Comme la grosse part des usines qui restent à installer se trouve dans nos cantons de montagnes, il faut y rechercher toutes les possibilités d'accumulation grandes et petites, et ne plus craindre d'équiper fortement les usines. On devrait tout au moins être large dans le dimensionnement des galeries, ce qui permettra toujours par la suite d'augmenter à peu de frais l'équipement des centrales.

Les sociétés privées et publiques à l'initiative desquelles nous devons l'impressionnant essor actuel de notre équipement hydroélectrique devront à l'avenir coordonner davantage encore leurs efforts en vue de l'utilisation la plus complète et la mieux valorisée possible des ressources hydrauliques qui nous restent. Il faut souhaiter également que ces efforts dans le sens de réalisations dépassant le cadre restreint d'intérêts locaux, soient encore mieux compris et appuyés par les autorités concédantes, en particulier dans les cantons où l'octroi des concessions est du ressort des communes.

LA NOUVELLE CORRECTION DES EAUX DU PIED DU JURA

par MM. FERNAND CHAVAZ, vice-directeur
et MAURICE BAER, ingénieur du Service fédéral des eaux à Berne, ingénieurs E.P.F.

Les graves inondations qui, une fois de plus, se sont produites au début de cette année le long des rives des lacs subjurassiens et de leurs émissaires, ont attiré à nouveau l'attention sur ces régions ainsi que sur les problèmes que pose leur assainissement. Nous croyons donc opportun de donner ici un aperçu sur les études qui ont été effectuées récemment en vue d'améliorer le régime de ces lacs ainsi que sur les travaux dont l'exécution est envisagée actuellement.

Comme il n'est guère possible d'exposer, même succinctement, les problèmes soulevés par les nouveaux travaux sans rappeler ceux effectués à l'enseigne de la première correction des eaux du Jura il y a trois quarts de siècle, ou même sans évoquer la situation dans laquelle se trouvait la région du pied du Jura, d'Yverdon à Soleure, avant cette correction, nous commencerons par donner quelques indications à ce sujet.

I. La première correction

A. *La situation avant la première correction*

Les lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienne communiquaient entre eux par la Broye et la Thielle, des rivières sinueuses aux berges marécageuses. La Thielle servait aussi d'émissaire au lac de Bienne et par conséquent à l'ensemble des trois lacs et ce n'est qu'à Meienried qu'elle se jetait dans l'Aar qui, elle, se dirigeait alors vers le nord-ouest à partir d'Aarberg en évitant donc la région des lacs proprement dite.

Le niveau moyen des trois lacs étant de 2 à 3 m plus élevé qu'aujourd'hui, les plaines de l'Orbe et de la Broye ainsi que de vastes régions du Seeland fribourgeois et bernois étaient recouvertes de marais incultes et insalubres, fréquemment inondés. Cette situation empirait sans cesse. En effet, vu la très faible pente de l'Aar entre Aarberg et Meienried, ses alluvions se déposaient dans cette région, élevant le niveau du lit à chaque crue. L'écoulement des eaux provenant des lacs devenait donc toujours plus difficile et, en période de crues, toute la région comprise entre Yverdon et Avenches, d'une part, et Bienne, d'autre part, ne formait plus qu'un immense lac.

Par ailleurs, l'Aar ne subissant pas l'influence régularisatrice du lac de Bienne, ses débits de crue étaient considérables, non seulement à l'amont, mais encore à l'aval de Meienried. Les inondations qui en résultaient étaient d'autant plus graves que les crues de l'Aar n'étaient pas retardées comme aujourd'hui par le lac et qu'elles se produisaient alors souvent en même temps que celle de ses affluents, la Grande-Emme en particulier.

B. *Le but et les travaux de la première correction*

Le but de ces travaux fut donc de réduire le danger d'inondation dans la région des lacs du pied du Jura ainsi que le long de leurs émissaires et de permettre l'assainissement, puis la mise en culture des grandes plaines de l'Orbe, de la Broye et du Grand-Marais. A cet effet, le niveau moyen des lacs devait être abaissé de plusieurs mètres.

Les travaux furent exécutés sur la base d'un projet établi par l'ingénieur grison La Nicca. Ils consistèrent à canaliser la Broye et la Thielle entre les lacs et à détourner l'Aar dans le lac de Bienne par la construction des canaux de Hagneck et de Nidau à Büren.

Le projet prévoyait aussi une correction de l'Aar entre Büren et Attisholz ; ce travail, qui eût incombé au canton de Soleure, ne devait cependant être exécuté que s'il se révélait nécessaire pour améliorer la régularisation des lacs. En fait, il ne fut pas effectué.

La correction fut réalisée de 1869 à 1891 par les quatre cantons riverains de Berne, Fribourg, Vaud et Neuchâtel. Elle a représenté — si l'on tient compte des moyens dont on disposait à l'époque — un volume de travaux considérable. L'exécution du seul canal de Hagneck nécessita, par exemple, l'excavation de plus de 3 millions de m^3 de matériaux. Le coût de la correction s'éleva à 19,1 millions de francs, non compris les travaux effectués le long des rives des lacs pour adapter celles-ci à la nouvelle situation, ni ceux nécessités par l'assainissement, puis la mise en culture des anciennes plaines marécageuses.

Le but de la correction fut atteint. Le niveau moyen des lacs fut abaissé dans la mesure escomptée (voir fig. 1). En ce qui concerne les hautes eaux, l'auteur du projet avait indiqué des cotes qui, à son avis, pourraient encore — malgré ces travaux — être atteintes en cas de crues exceptionnelles. En fait, même en 1944, année au cours de laquelle les trois lacs atteignirent les plus hautes cotes observées depuis la correction, leurs niveaux sont restés inférieurs à ceux indiqués comme possibles par La Nicca. Bien entendu, les niveaux d'étiage se trouvèrent abaissés eux aussi. Ils le furent même un peu trop, ce que l'on constata au cours des travaux déjà. La navigation, en particulier, était gênée ; d'autre part, des glissements de terrain se produisirent sur la rive nord du lac de Bienne. On décida alors de construire un ouvrage qui ne figurait qu'à titre éventuel dans le projet La Nicca : le barrage de régularisation de Nidau. Celui-ci fut érigé de 1885 à 1887 sur le canal de Nidau à Büren.

Grâce au détournement de l'Aar dans le lac de Bienne, ses débits de crue à l'aval de Meienried ont été réduits de moitié. Toute la vallée inférieure de l'Aar, de Soleure à Koblenz, a donc aussi tiré de grands avantages des travaux effectués.

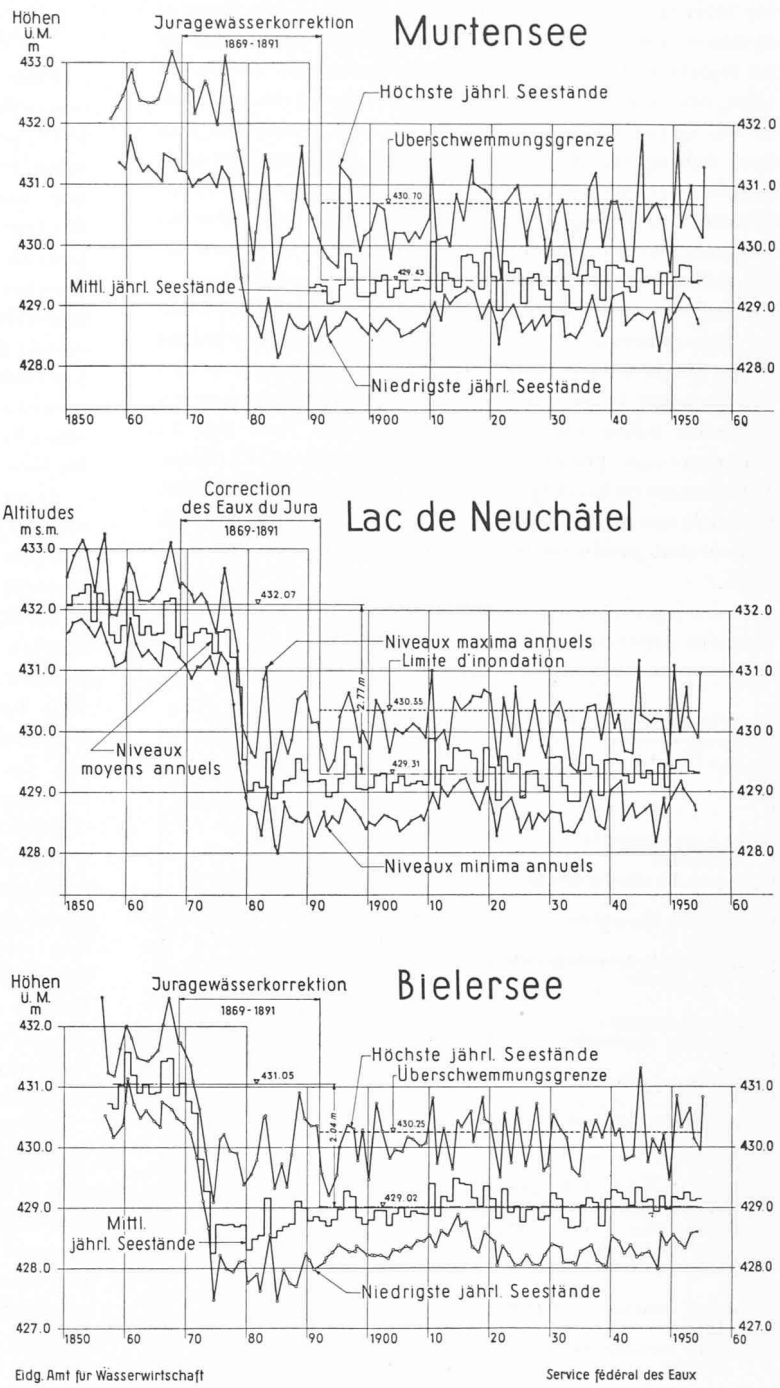

Fig. 1. — Niveaux maxima, moyens et minima des lacs du Pied du Jura jusqu'en 1954 (R.P.N. = 373.60). Les cotes maxima atteintes lors de la crue de janvier-février 1955 figurent également sur le graphique.

II. La situation après la première correction et les projets en vue de l'améliorer

A. *Le régime actuel des lacs*

Avant la première correction, le régime des trois lacs dépendait avant tout de celui de leurs affluents naturels les plus importants : l'Orbe, l'Arnon, l'Areuse, la Suze, qui provenaient du Jura. D'une manière générale, les niveaux les plus hauts étaient donc atteints au printemps lors de la fonte des neiges dans le Jura, tandis que les basses eaux se produisaient de préférence en automne, les cours d'eau jurassiens ayant souvent leur étiage à cette saison.

La dérivation de l'Aar dans le lac de Bienne, la construction des canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren, enfin l'érection du barrage de Nidau ont modifié complètement ce régime naturel. Le barrage de Nidau, en effet, permet de régler le débit sortant des lacs et par conséquent d'exercer une influence sensible sur leurs niveaux. Par ailleurs, la construction des canaux entre les lacs a augmenté l'interdépendance de ceux-ci pour en faire de véritables vases communicants. Quant à la construction du canal de Nidau à Büren, elle a augmenté fortement la capacité d'écoulement de l'exutoire du système hydraulique formé par

les trois lacs. Mais c'est l'introduction de l'Aar dans ce système qui a apporté les plus grandes modifications au régime antérieur à la première correction. L'Aar, en effet, est un cours d'eau au caractère alpin très accentué et elle apporte, en moyenne, trois fois plus d'eau aux lacs subjurassiens que tous leurs affluents naturels réunis. Actuellement, son influence est donc prépondérante sur les niveaux, bien que celle des affluents naturels joue encore un rôle dans certaines circonstances. En définitive, le régime des lacs, soumis maintenant à des influences diverses, est devenu très complexe, mais en règle générale, c'est en été, lors de la fonte des neiges et des glaciers dans l'Oberland que les niveaux sont élevés alors que l'étiage a lieu durant l'arrière-automne, en hiver ou même au début du printemps (voir fig. 2).

Quant aux grandes crues, c'est pendant l'arrière-automne ou en hiver qu'elles se produisent de préférence. Ce fut le cas notamment de toutes les crues importantes qui se sont produites depuis 1910 : 1944, 1950, 1952 et 1955.

Voici encore, pour compléter cet aperçu, quelques données concernant chacun des trois lacs.

Données caractéristiques concernant le régime des lacs du pied du Jura

	Lac de Morat	Lac de Neuchâtel	Lac de Bienne
Régime antérieur à la première correction :			
Niveaux des plus hautes eaux	433.18	433.35	432.47
— date	1867	17.IX.1831	1856
— période considérée	1857-1868	1817-1868	1856-1868
Niveaux de la dernière grande crue (1867)	433.18	433.10	432.46
Niveaux moyens	—	432.07	431.05
— période considérée	—	1817-1868	1858-1868
Niveaux des plus basses eaux	431.04	431.06	430.16
— date	1865	19.II.1858	1858
— période considérée	1858-1868	1817-1868	1856-1868
Régime postérieur à la première correction :			
Cotes des plus hautes eaux pouvant encore avoir lieu selon La Nicca	431.91	431.68	431.45
Niveaux maxima observés (1944)	431.83	431.18	431.30
Niveaux maxima des crues de 1910	431.41 (janvier)	431.01 (juillet)	430.82 (juillet)
Niveaux maxima de la crue de 1950	431.69	431.09	430.84
de 1952	431.01	430.74	430.64
de 1955	431.31	430.99	430.84
Cotes limites à partir desquelles des dégâts se produisent (selon la commission technique intercantonale, 1928)	430.70	430.35	430.25
Niveaux moyens 1892-1951	429.43	429.31	429.02
Abaissement par rapport aux niveaux moyens avant la première correction	—	2.76^{m}	2.03^{m}
Niveaux des basses eaux de 1921	428.37	428.27	428.04
Niveaux des plus basses eaux (1947)	428.27	428.17	427.99

N. B. — Toutes les cotes figurant dans le tableau comme toutes celles données dans le texte sont rapportées au nouvel horizon R.P.N. 373.600.

B. *Les études antérieures à 1944 et la construction du nouveau barrage de Nidau*

Pour la première fois depuis l'achèvement de la correction, de grandes crues se produisirent en janvier 1910, puis à nouveau en été de la même année. Confirmant les prévisions de La Nicca, ces crues montrèrent que, malgré les excellents résultats obtenus au moyen des travaux déjà effectués, des inondations importantes pouvaient encore se produire. En outre, par suite du tassement des sols tourbeux, la surface des zones inondées pour une même cote du niveau des lacs ne cessait d'augmenter. Enfin, la mise en valeur des forces hydrauliques de l'Aar en aval de Bienne, presque inexistante au siècle précédent, s'était développée considérablement et incitait à utiliser encore davantage les lacs pour régulariser le régime de leur émissaire.

Aussi, dès 1913, les cantons intéressés firent-ils établir des projets en vue d'améliorer la situation ; ces projets n'étaient toutefois que partiels, en ce sens qu'ils ne visaient qu'à supprimer certains inconvénients. Ce fut le mérite de l'ingénieur Arthur Peter, ancien chef du Service des eaux du canton de Berne, 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. Ce projet prévoyait avant tout l'augmentation de la capacité d'écoulement des trois canaux servant d'émissaires aux lacs et la correction de l'Aar, de Büren à l'embouchure de l'Emme. Mais le devis des travaux envisagés se montait à 45 millions de francs. L'importance de cette somme incita notre service à rechercher des solutions plus économiques et une Commission technique intercantonale fut nommée par le Conseil fédéral afin d'examiner l'ensemble du problème. Dans son rapport final de 1928, cette commission préconisa l'exécution d'une variante dont le devis s'élevait à 34 millions de francs.

Des divergences surgirent cependant entre les cantons intéressés au sujet de certains aspects du projet proposé par la commission. D'autre part, la crise économique générale allait s'aggravant. En définitive, un seul élément du projet fut réalisé : la construction d'un nouveau barrage de régularisation à Nidau, le barrage primitif étant vétuste et menaçant ruine. Ce nouveau barrage a été construit par le canton de Berne, de 1935 à 1939, moyennant une dépense de 4,3 millions de francs dont 65 % furent pris en charge par la Confédération. Il est situé à quelques centaines de mètres en aval de l'ancien, immédiatement après l'embouchure de la vieille Thielle. Ses dimensions ont été choisies en tenant compte des projets de correction envisagés. Il a été muni d'une écluse moderne de navigation, ce qui permet aux bateaux de le franchir sans aucune difficulté.

C. *Les études effectuées entre 1944 et 1950*

1. *Généralités*

En novembre 1944, alors que les projets de correction semblaient définitivement oubliés, une longue période de «radoux», accompagnée de précipitations abondantes, survint après les premières chutes de neige dans les Préalpes et le Jura. Elle provoqua une forte crue des

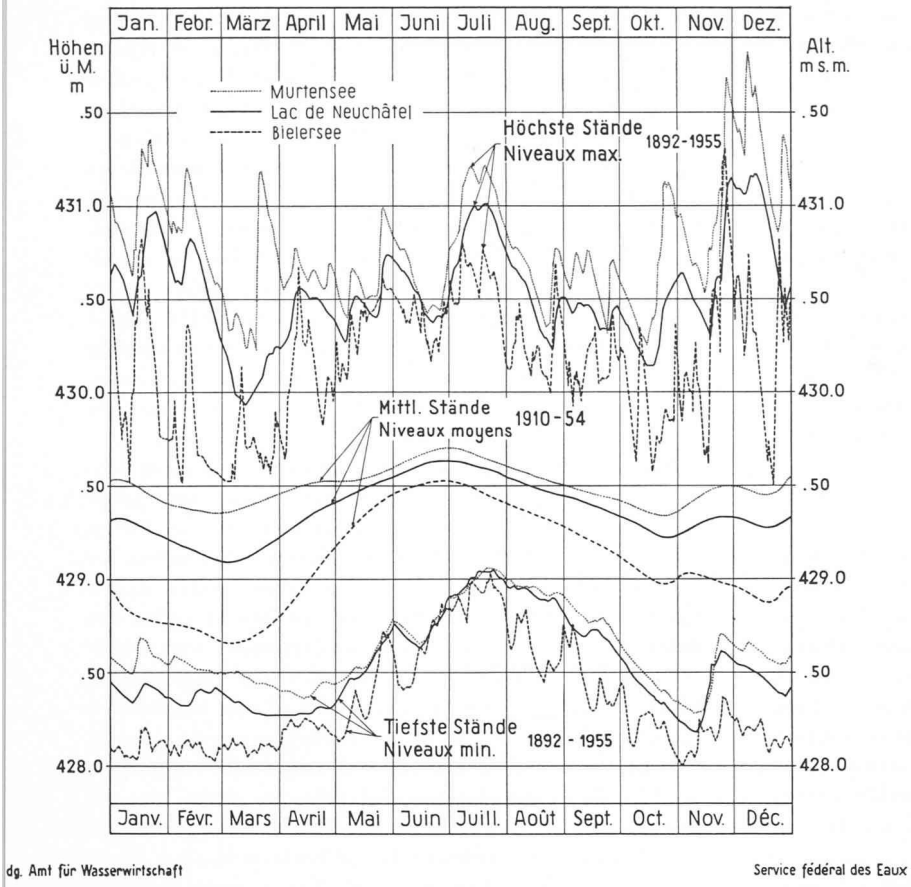

Fig. 2. — Courbes limites maxima et minima (1892 - juin 1955) et courbes moyennes (1910-1954) des niveaux des lacs du Pied du Jura (R.P.N. = 373.60).

affluents des lacs qui persista jusqu'en décembre. Les lacs atteignirent alors des niveaux extraordinairement élevés et l'ampleur des inondations ainsi que les dégâts qui en résultèrent furent considérables. La surface des terrains situés au-dessus des limites des dégâts (voir tableau p. 368) et qui furent submergés s'éleva à 30 km² environ et le montant des dommages déclarés ascenda à 1,4 millions de francs (voir fig. 3 et 4).

Notre service et les cantons intéressés furent alors unanimes à estimer qu'il convenait d'entreprendre de nouvelles études et d'établir un nouveau projet en vue d'éviter le retour d'une telle catastrophe. En effet, lors des études précédentes, on avait cherché avant tout des solutions susceptibles d'éviter toute nouvelle inondation. Ces solutions étant trop onéreuses, il fallait cette fois au contraire chercher à déterminer la ou les solutions pour lesquelles le rapport entre le coût et les avantages qui en découleraient serait optimum. Seul, l'examen systématique d'une série de variantes pouvait faire ressortir la solution recherchée.

Par ailleurs, une correction de l'Aar en aval de Büren n'ayant qu'une influence peu sensible sur les niveaux des lacs, il fut possible de scinder ces études en deux parties: d'une part, celles concernant le secteur en amont de Büren (canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren), d'autre part, celles se rapportant au tronçon Büren - embouchure de l'Emme.

Avant d'entreprendre ces études, effectuées avec l'aide financière et technique des cantons intéressés, il fallut procéder à de nombreux travaux préparatoires d'ordre hydrologique, géologique et constructif. C'est ainsi qu'on commença par établir une statistique des crues subies par chacun des trois lacs au cours des quarante années précédentes : elle a permis de déterminer leur caractère, leur fréquence ainsi que leurs effets suivant la saison où elles se sont produites. Puis, comme il ne pouvait être question de baser des études d'une telle importance sur des données souvent fragmentaires et surannées, il fallut procéder à toute une série de levés, jaugeages, nivellements, etc. afin de connaître l'état exact des ouvrages existants et leur efficience du point de vue hydraulique. De même, il était indispensable de disposer de données géologiques précises quant à la nature et aux propriétés physiques et géotechniques des terrains. De nombreux sondages furent donc effectués le long des canaux et plusieurs géologues chargés d'établir des cartes et coupes géologiques détaillées de toute la région intéressée par les travaux envisagés. Par ailleurs, l'Office d'estimation de l'Union suisse des paysans, à Brougg, fut chargé de déterminer les avantages que retirerait l'agriculture de l'exécution de la correction.

Par acquit de conscience, on s'assura aussi — une fois de plus — que les seules solutions pouvant entrer en ligne de compte consistaient avant tout dans un

(Photo Hans Steiner, Berne).

Fig. 3. — Près de Witzwil, lors des inondations de novembre-décembre 1944.

accroissement de la capacité d'écoulement des canaux existants servant d'émissaires aux lacs ; en effet, les autres possibilités, comme la réutilisation de l'ancien lit de l'Aar entre Aarberg et Meienried en période de hautes eaux ou l'accumulation temporaire d'une partie des apports de crue aux lacs dans des retenues ou des lacs naturels sis plus en amont, se révélèrent peu intéressantes ou susceptibles de n'apporter qu'une amélioration très secondaire par rapport aux inconvénients qui en résulteraient.

Il convient de préciser ici qu'à l'inverse de la première correction, les travaux étudiés ne devaient pas modifier sensiblement le niveau moyen actuel des lacs, mais réduire l'amplitude entre leurs niveaux extrêmes, en particulier par un abaissement de leurs niveaux de crue.

2. *Le secteur en amont de Büren*

a) *Les calculs hydrauliques*

Ces calculs furent effectués en considérant trois variantes différentes quant à la grandeur et par conséquent la capacité d'écoulement de chacun des trois canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren. Pour simplifier, on admit comme solution minimum l'état actuel de chaque canal et comme grande solution, celle qui avait été prévue par M. Peter. Pour la solution intermédiaire, on utilisa des variantes déjà étudiées ou dont l'étude devait être effectuée pour l'établissement du plan d'aménagement des eaux entre le lac Léman et le Rhin.

C'est ainsi que nous avons retenu comme solutions intermédiaires :

α) pour le canal de la Broye : le profil normal des canaux navigables à double voie pour chalands automoteurs d'une capacité maximum de 900 tonnes,

β) pour le canal de la Thielle : le profil normal des cours d'eau navigables pour ces mêmes chalands automoteurs,

γ) pour le canal de Nidau à Büren : un profil analogue à celui prévu dans une étude antérieure et répondant également aux normes pour la navigation fluviale au moyen des automoteurs en question.

Une fois les caractéristiques des diverses variantes fixées, on examina quels niveaux auraient atteint les lacs si ces variantes avaient déjà été réalisées lors de trois grandes crues de caractères nettement différents.

En combinant entre elles les trois variantes considérées pour chacun des trois canaux, on obtint vingt-sept combinaisons différentes pour l'ensemble formé par ces ouvrages. En fait, il n'a pas été nécessaire de calculer le coût et les effets de toutes ces combinaisons, ceux dus à nombre d'entre elles ayant pu être estimés sur la base des résultats obtenus pour les autres.

Notons en passant que si ces calculs sont élémentaires dans le cas d'un seul lac, ils deviennent très longs lorsqu'on se trouve — comme dans notre cas — en présence de trois lacs dont les niveaux dépendent les uns des autres, car les équations différentielles exprimant les variations des niveaux des lacs et celles des débits de leurs émissaires doivent être mises sous forme de différences finies, puis résolues par approximations successives. Grâce à l'emploi d'une machine à calculer électrique du type analogique, spécialement construite par l'Institut de mathématique appliquée de l'Ecole polytechnique fédérale, la durée de ces calculs peut être réduite à une fraction de celle qui est nécessaire en utilisant la méthode ordinaire. Dans certains cas, toutefois, le degré d'exactitude inférieur de la machine ne permet pas de renoncer à la méthode de calcul habituelle.

b) *Les études de nature constructive*

Grâce aux travaux préparatoires mentionnés plus haut, on connaissait les caractéristiques géologiques et géotechniques des terrains entrant en ligne de compte comme la résistance qu'ils offrent à l'érosion fluviatile. On put donc choisir pour chaque canal, les profils en travers les plus indiqués. Au lieu de les prévoir de forme trapézoïdale comme on le fait généralement, on a préféré proposer des sections paraboliques beaucoup plus naturelles, puisque ce sont celles que prennent d'eux-mêmes les lits de rivière dans la nature.

Les avant-projets prévoient que le revêtement serait constitué par des enrochements reposant sur une couche filtre. Alors que les enrochements doivent éviter l'érosion superficielle des rives due à la vitesse de l'eau dans le canal ainsi qu'au batillage provoqué par la navigation, la couche filtrante a pour but d'empêcher un entraînement des particules fines du terrain vers le canal lorsque le niveau de l'eau baisse rapidement dans ce dernier, par exemple, lors du passage d'un bateau. La protection des berges

(Service photographique des Troupes d'aviation).

Fig. 4. — Vue aérienne de la plaine de l'Aar entre Büren et Soleure, en novembre 1944. Débit de l'Aar à Nidau : 700 m³/sec.

au moyen d'enrochements s'étendrait du niveau des plus hautes eaux jusqu'à 50 cm au-dessous des plus basses eaux. Là où la nature du sol l'impose, une couche de gravier ou de chaille de carrière protégerait également le bas des talus et le plafond des canaux contre l'érosion.

L'établissement des projets concernant les débouchés de ces canaux dans les lacs a, lui aussi, posé des problèmes délicats, en particulier en ce qui concerne le choix et la disposition de ces ouvrages ainsi que leur orientation. Une étude économique comparative a montré qu'en général, on a avantage à créer par dragage un chenal suffisamment large pour éviter que la souille ainsi réalisée ne soit rapidement obstruée par les sables et limons amenés par les vagues plutôt que de construire un chenal plus étroit devant être protégé par des môles toujours fort onéreux.

c) *Le résultat des études*

Le résultat des études concernant le secteur situé en amont de Büren a été communiqué aux quatre cantons riverains des lacs en 1948. Notre service arrivait à la conclusion qu'il convenait d'envisager les corrections suivantes : pour les canaux de la Broye et de Nidau à Büren les variantes moyennes et pour la Thielle une solution intermédiaire entre la variante moyenne et la grande variante.

3. *Le secteur en aval de Büren*

La faible résistance du sous-sol sableux et argileux, l'absence d'alluvions grossières (retenues dans le lac de Bienne depuis la première correction des eaux), les fortes oscillations du niveau de la nappe phréatique et de l'Aar, enfin l'absence presque complète d'une protection adéquate ont favorisé l'érosion des rives du côté convexe des méandres. C'est ainsi qu'au cours des cinquante dernières années plus de 10 ha de terres cultivables améliorées à grands frais ont été emportés. La construction d'ouvrages de défense des rives est donc urgente.

D'autre part, l'Aar commence à inonder ses rives dans cette région dès que son débit dépasse 550 m^3/s. Lors des crues de 1944, où le débit à Nidau atteignit 700 m^3/s, 9 km^2 environ de terres cultivées furent submergés. Si la correction n'augmente pas les débits maxima de l'Aar à l'aval de Nidau, elle accroîtra par contre la fréquence des débits élevés et par conséquent le danger d'inondation. Pour ces diverses raisons, on ne saurait limiter à Büren les travaux à effectuer, bien que, comme nous l'avons déjà signalé, ceux exécutés plus en aval n'aient qu'une influence très réduite sur les niveaux de crue des lacs.

Cette section de l'Aar faisant partie de la voie navigable projetée Léman-Rhin et ses forces hydrauliques n'étant pas encore utilisées, il était indiqué de projeter ces travaux en tenant compte également de ces deux points de vue. Les études à ce sujet furent effectuées par notre service et l'Inspection fédérale des travaux publics en collaboration avec le canton de Soleure, puis avec l'Association suisse pour la navigation du Rhône au Rhin. Le résultat de ces études a été communiqué aux deux cantons riverains de Berne et Soleure au fur et à mesure de leur achèvement.

III. La nouvelle correction proposée par les cantons en 1952

Après les hautes eaux de l'automne 1950, au cours desquelles les lacs atteignirent des niveaux presque aussi élevés qu'en 1944, les cinq cantons intéressés à une amélioration du régime des eaux du Pied du Jura décidèrent de réaliser dès que possible la nouvelle correction et de solliciter à cet effet l'aide financière de la Confédération.

Comme nous venons de le voir, ils disposaient alors d'études toutes récentes concernant les secteurs en amont et en aval de Büren. Se basant sur ces données, ils fixèrent leur choix sur la solution suivante, sous réserve d'approbation par les autorités fédérales compétentes :

A. *Secteur en amont de Büren*

1. *Canal de la Broye*

Ce canal serait agrandi d'après l'avant-projet de correction dite moyenne. Il serait élargi et approfondi sur toute sa longueur (9 km), la largeur au niveau des eaux moyennes étant portée de 25 à 40 m environ et la profondeur augmentée de 1,40 m en moyenne. Ces dimensions sont nécessaires pour que le canal puisse évacuer des débits deux à trois fois plus élevés qu'actuellement et améliorer ainsi la situation lors des crues dans la mesure voulue. Par ailleurs, comme nous l'avons vu plus haut, le nouveau canal satisferait aux besoins d'une grande navigation fluviale telle qu'elle est envisagée sur le Transhelvétique.

Les nouvelles berges et le radier seraient protégés contre l'érosion par des enrochements et une couche de gravier ou de chaille de carrière. A chacune de ses extrémités, le canal serait prolongé par un chenal dragué dans les hauts-fonds sableux des lacs. Le coût de cette construction a été évalué à 6,8 millions de francs.

2. *Canal de la Thielle*

Pour ce canal, les cantons ont adopté la plus grande des deux solutions intermédiaires dont notre service avait considéré l'exécution comme rationnelle.

Ce canal serait aussi élargi sur toute sa longueur (8,5 km) et dragué à une profondeur uniforme, les nouvelles dimensions étant : profondeur minimum : 5,60 m au lieu de 3 m actuellement ; largeur au plafond : 31 à 33,50 m au lieu de 28 à 32 m ; largeur du plan d'eau moyen : 60 m au lieu de 40 m. Ici également, les nouvelles dimensions du canal doubleraient ou tripleraient — selon le niveau des eaux — sa capacité d'évacuation actuelle tout en permettant sans autre la grande navigation fluviale (voir fig. 5).

Comme au canal de la Broye, les berges et le plafond seraient protégés contre l'érosion par des enrochements et une couche de gravier ou de chaille et les extrémités du canal aménagées d'une manière appropriée.

Le devis de cette correction s'élève à 10 millions de francs.

3. *Canal de Nidau à Büren*

Ici, les cantons proposent d'exécuter la grande solution alors que notre service avait retenu la variante moyenne. A l'encontre des deux canaux supérieurs, le canal de l'Aar serait seulement approfondi, mais non

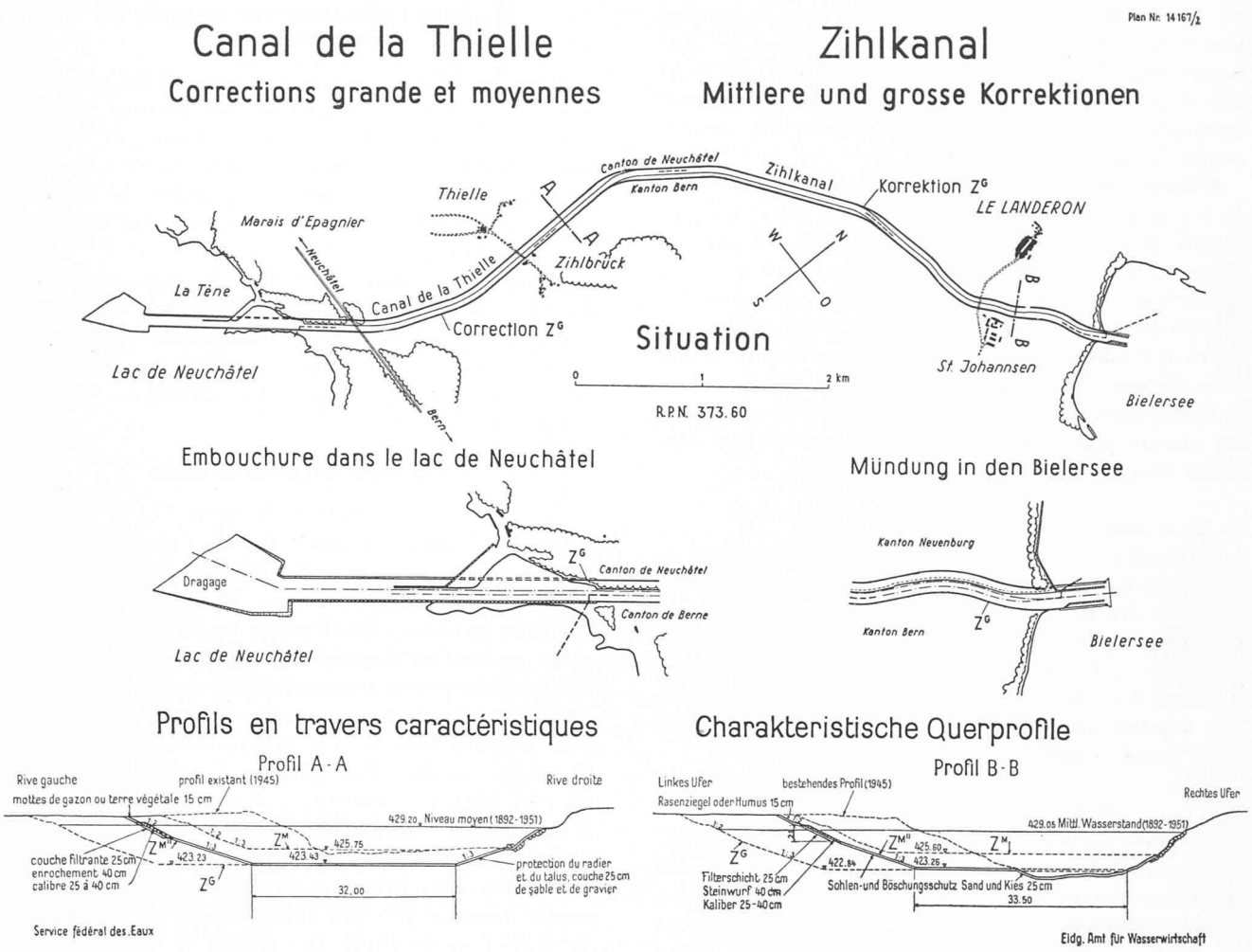

Fig. 5. — Canal de la Thielle. Les différentes corrections étudiées : Z^G = grande correction ; Z^M = correction moyenne ; $Z^{M''}$ = correction intermédiaire dont les cantons envisagent l'exécution.

élargi. Les deux berges existantes seraient donc conservées, mais leur revêtement remis en état, là où cela est nécessaire.

La profondeur du canal est actuellement assez irrégulière. Les cantons prévoient de l'augmenter au maximum d'environ 3 m, ce qui accroîtrait la capacité actuelle du canal d'environ 160 m^3/s et, par conséquent, permettrait d'évacuer les débits actuels, déjà lorsque le lac de Bienne se trouverait à une cote inférieure d'un mètre environ. Certains tronçons du canal ne devraient pas être approfondis, mais seulement protégés contre l'érosion par une couche de chaille ou de gravier. Les dimensions du canal ainsi aménagé seraient supérieures à celles prévues pour les cours d'eau navigables à double voie. Le coût de ces travaux a été devisé à 13,6 millions de francs.

B. *Secteur en aval de Büren*

Le projet adopté par les cantons pour ce secteur s'intègre dans le plan d'aménagement des eaux proposé par l'Association suisse pour la navigation du Rhône au Rhin. Il prévoit l'approfondissement du lit de l'Aar entre Soleure et Willihof, ce qui augmenterait la capacité d'écoulement de la rivière et abaisserait le niveau de l'eau jusqu'à Nidau (voir fig. 6). En période d'étiage, un abaissement des niveaux aurait toutefois de graves inconvénients, en particulier pour les fondations en bois des ouvrages d'art et des bâtiments situés sur les rives de l'Aar à Soleure. Il serait donc nécessaire, en basses eaux, de relever le niveau de l'Aar ; dans ce dessein, le projet conjugue l'aménagement de son cours entre Büren et Willihof avec la construction d'un barrage mobile avec usine électrique au lieu dit Bernerschachen, à 3 km en amont de Wangen. Ce barrage permettrait de réduire fortement l'amplitude des variations du niveau de l'eau à Soleure et plus en amont ; quant à la production de l'usine, elle serait d'environ 200 millions de kWh en moyenne par année.

Grâce à l'approfondissement du lit entre Soleure et l'embouchure de l'Emme, les niveaux de crue de l'Aar seraient donc sensiblement abaissés à l'amont de cette ville. Là où cet abaissement ne suffirait pas, la protection et l'assainissement des rives seraient assurés en périodes de hautes eaux au moyen de petites digues longeant la rivière et de stations de pompage.

D'autre part, les nombreux tronçons du lit fortement soumis à l'érosion seraient munis d'une protection appropriée. Les cantons ont prévu de répartir entre l'usine de Bernerschachen et la deuxième correction les frais afférents aux travaux prévus en aval de Büren,

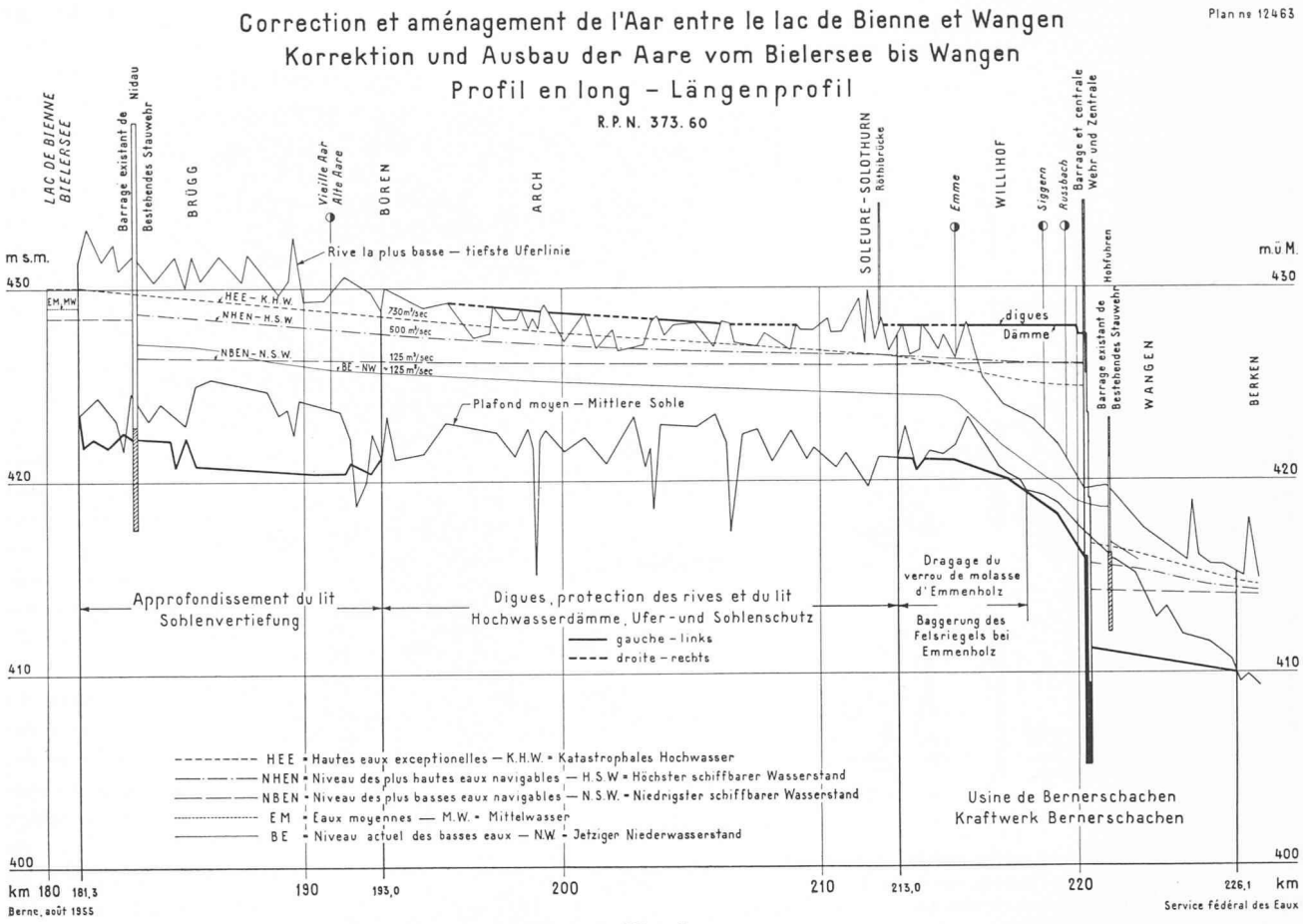

Fig. 6.

ceux restant à la charge de la correction étant de 21,6 millions de francs.

C. *Coût, durée et mode d'exécution des travaux*

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les devis relatifs aux trois canaux situés en amont de Büren sont de 6,8, 10 et 13,6 millions de francs, soit au total 30,4 millions tandis que les frais des travaux à l'aval de cette localité et à la charge de la correction ont été estimés à 21,6 millions. Le montant total des travaux incombant à la deuxième correction des eaux du Pied du Jura serait donc de 52 millions.

Quant à la durée des travaux, elle serait de quinze ans. Leur échelonnement sur une période aussi longue doit faciliter le financement ; il doit aussi permettre de réduire au minimum les installations et l'outillage spécial nécessaires et rendre possible l'amortissement intégral de ce matériel.

La nouvelle correction prévue par les cantons représente un volume considérable de travaux. En effet, l'avant-métré comporte entre autres postes les quantités suivantes :

	En amont de Büren	En aval de Büren
Excavations de toute nature	4 150 000 m³	820 000 m³
Enrochements	150 000 m³	100 000 m³
Gravier et chaille de carrière	210 000 m³	330 000 m³

Une étude approfondie du mode d'exécution était par conséquent indispensable, non seulement pour déterminer celui paraissant le plus économique, mais aussi pour baser les montants à introduire dans les devis sur une sérieuse analyse des prix de revient des diverses natures d'ouvrages.

Il résulte de cette étude — effectuée en collaboration avec deux entreprises particulièrement qualifiées — qu'il conviendrait d'exécuter les corrections des trois canaux successivement, ceci afin de réduire autant que possible l'importance de l'outillage spécial à acquérir. Comme lors de la première correction, il serait indiqué d'effectuer par eau (bateaux à clapets et chalands automoteurs) tous les transports à grande distance. La répartition des matériaux sur les rives aurait lieu au moyen de véhicules sur pneus automoteurs ou remorqués ou encore par voie hydraulique à l'exclusion de toute voie ferrée. Quant aux enrochements, il est prévu de les extraire de carrières du Jura situées sur les rives des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

D. *Les effets de la nouvelle correction proposée*

Voyons tout d'abord ses répercussions sur *l'agriculture.*

Nous avons déjà signalé que l'on avait dû renoncer à envisager des solutions supprimant tout dépassement des cotes des dégâts, ces solutions étant d'un coût prohibitif. Si la correction proposée était exécutée, ces

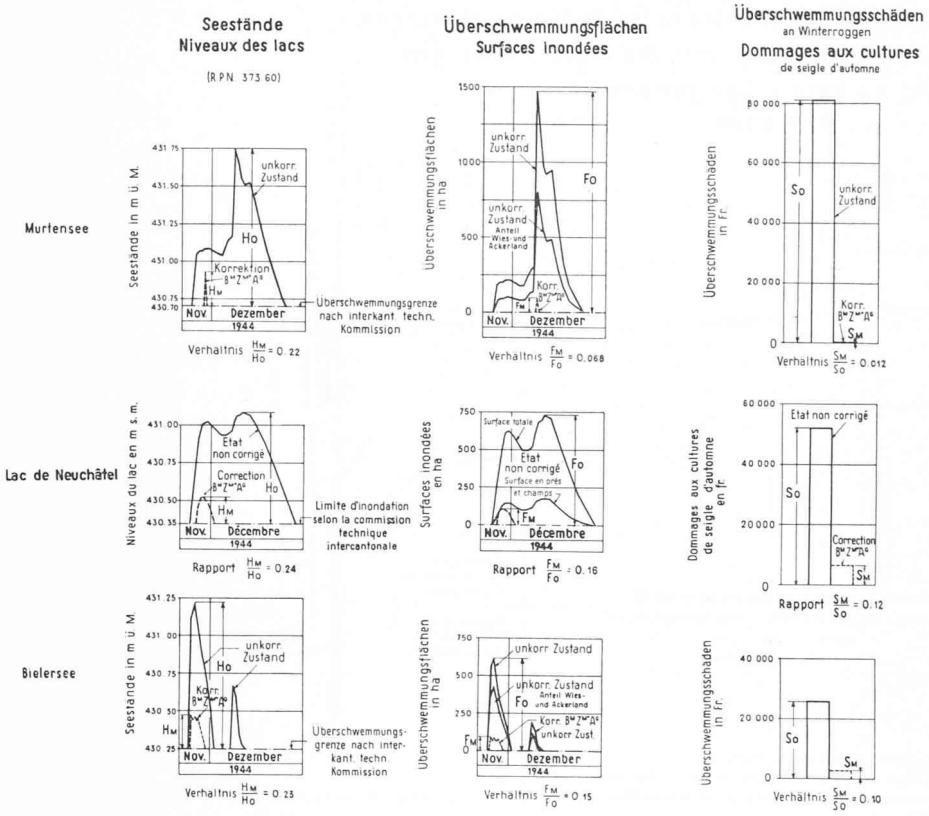

Fig. 7. — Effets de la correction sur les dommages dus aux inondations. Hautes eaux de 1944.

Etat non corrigé : niveaux calculés pour l'état des canaux en 1944, mais en tenant compte de l'influence du lac d'accumulation de l'usine de Rossens et en appliquant le règlement 1917-1941.

Les dommages causés par les inondations aux cultures de seigle d'automne ont été calculés en faisant les suppositions suivantes :

1) 10 % des surfaces inondées étaient ensemencées en seigle d'automne.
2) Le rendement brut par hectare est de 1000 francs.
3) Les dommages dépendent de la durée de l'inondation ; ils atteignent:
10 % du rendement brut lorsque la durée de l'inondation est inférieure à 2 jours
30 % du rendement brut lorsque la durée de l'inondation atteint 3 à 5 jours
80 % du rendement brut lorsque la durée de l'inondation atteint 6 jours au plus.

cotes-limites seraient donc encore dépassées — quoique dans une faible mesure — et seulement en cas de très grandes crues comme celles survenues au cours des automnes 1944 et 1950 (voir fig. 7).

On se rend d'ailleurs mieux compte de l'efficacité d'une correction pour l'agriculture si l'on considère non pas seulement la réduction des niveaux maxima atteints par les lacs mais celle des dommages aux cultures. En effet, ces dommages dépendent, d'une part, de la surface et de la nature des terrains inondés, d'autre part de la durée pendant laquelle ils sont submergés. Or, vu la forme généralement évasée des rives, les surfaces inondées diminuent plus rapidement que les niveaux. Quant à la durée des inondations, elle se trouve aussi fortement réduite. Il en résulte que les dommages aux cultures diminuent dans une beaucoup plus grande proportion que les dépassements des cotes-limites des dégâts. En résumé, si les travaux envisagés ne doivent pas supprimer tout dommage à l'agriculture en période de très grandes crues, les dégâts résiduels ne représenteraient donc plus que quelques pour-cents de ceux correspondant à l'état actuel.

Rappelons enfin qu'il est également prévu de maintenir les lacs en périodes de basses eaux à des niveaux plus élevés qu'actuellement ; la situation serait donc aussi améliorée en périodes de sécheresse.

Aujourd'hui, *la navigation* est gênée à l'entrée des canaux de la Broye et de la Thielle dès que le niveau du lac de Neuchâtel descend au-dessous de la cote 429,2 environ. En outre, en période de très hautes eaux, nombre de débarcadères situés sur les rives des lacs ne peuvent être utilisés. En abaissant le plafond des canaux et les niveaux de crue, la nouvelle correction faciliterait beaucoup la navigation existante. Quant à la future navigation fluviale, nous avons vu que les dimensions prévues pour les canaux sont suffisantes pour assurer la circulation à double voie des chalands automoteurs d'une capacité de 900 tonnes.

La première correction des eaux du Jura fut néfaste pour la gent halieutique et, par conséquent, pour la *pêche*. En effet, l'abaissement de plusieurs mètres des niveaux moyens et le décalage des périodes normales de hautes et de basses eaux affectèrent gravement les espèces frayant sur les rives. Il en résulta un bouleversement de l'équilibre biologique et ce n'est que peu à peu, au fur et à mesure que la végétation recouvrit de grandes parties des nouvelles rives, que les espèces littorales purent se développer à nouveau. La nouvelle correction aurait pour effet de réduire l'amplitude des fluctuations extrêmes du niveau des lacs sans modifier sensiblement ni leur niveau moyen, ni leur régime actuel. Il n'y a donc pas lieu de craindre des répercussions défavorables pour la pêche.

Il va de soi que la nouvelle correction, en supprimant les niveaux extrêmes actuels, serait aussi d'un très grand avantage pour les *ouvrages de rive* : quais, ports, jetées, établissements balnéaires, canalisations, etc. ainsi que pour les *bâtiments riverains*, en particulier les maisons de vacances dont le nombre s'accroît à un rythme rapide.

En ce qui concerne une modification éventuelle du *climat* également, des craintes à ce sujet ne seraient pas fondées. En effet, des études approfondies ont montré que la diminution de la température moyenne à Neuchâtel qui a suivi la première correction pendant une certaine période était indépendante de cette correction, étant donné qu'elle a affecté de nombreuses autres stations suisses. N'oublions pas, en outre, que cette première correction a provoqué un abaissement définitif de plusieurs mètres des niveaux des lacs alors que la nouvelle correction ne ferait que diminuer l'amplitude des variations sans modifier sensiblement les niveaux habituels. D'autre part, des mesures systé-

matiques de la température effectuées dans les lacs de Neuchâtel et de Bienne comme dans le canal de la Thielle ont montré que, sauf en hiver, le lac de Bienne est généralement plus chaud que le lac de Neuchâtel car, comme cela a déjà été démontré pour le Léman, il est réchauffé par ses affluents, l'Aar en particulier. Les refoulements de la Thielle réchauffent donc le lac de Neuchâtel plutôt qu'ils ne le refroidissent comme d'aucuns l'ont prétendu. On peut donc être certain que les nouveaux travaux ne sauraient avoir une influence néfaste sur le climat et, par conséquent, sur les vignobles riverains en particulier.

Par ailleurs, il est peu probable que la correction améliorera la *production d'énergie* des usines hydro-électriques sises sur l'Aar, en aval du lac de Bienne, ceci du moins par rapport à la situation actuelle sinon par rapport à celle antérieure à l'application du règlement de barrage en vigueur aujourd'hui. En effet, l'élargissement du canal de la Thielle permettra bien de mieux compenser les fluctuations des apports directs au lac de Bienne, ceux de l'Aar en particulier, ce qui constituera un avantage pour ces usines. En revanche, en cas de crue des affluents des lacs, les eaux seront plus rapidement évacuées, d'où une réduction de la part du volume total que les usines pourront utiliser. Quoi qu'il en soit, la présence d'un règlement précis et univoque pour la manœuvre des vannes à Nidau continuera aussi à constituer un avantage marqué par rapport à la situation antérieure à 1917.

IV. La situation actuelle.

On a vu que l'usine projetée du Bernerschachen constituait un élément très important du projet de nouvelle correction puisqu'elle doit permettre de maintenir l'Aar à un niveau suffisant dans la région de Soleure en périodes d'étiage ou d'eaux moyennes. Or, la construction de cette usine implique presque nécessairement la mise hors service de l'usine existante de Bannwil qui, fortement amortie, produit de l'énergie à un prix très intéressant. Dans ces conditions, on comprend que les entreprises electriques intéressées — tout en manifestant leur intérêt pour la nouvelle usine — hésitent avant de prendre une décision. Il faut donc revoir le projet afin de disposer d'une solution de rechange au cas où l'usine de Bernerschachen ne pourrait être réalisée avant ou en même temps que la nouvelle correction. Une telle solution pourrait consister dans la construction d'un barrage spécial provisoire, une autre dans l'abandon des dragages prévus et leur remplacement par des digues plus importantes complétées par certains travaux de drainage.

Par ailleurs, le projet de nouvelle correction prévoit l'exécution de travaux comme l'adaptation à la future navigation fluviale de certains ouvrages — les débouchés des canaux de la Broye et de la Thielle dans les lacs, par exemple — qui ne seront nécessaires qu'au moment où cette navigation deviendra une réalité, c'est-à-dire dans un avenir encore très indéterminé. Etant donné le montant élevé des travaux prévus, il est indiqué de renvoyer à plus tard l'exécution de ce qui n'est pas indispensable dès le début, en évitant bien entendu tout ce qui pourrait rendre plus difficile, le moment venu, les travaux nécessaires pour adapter les canaux et l'Aar à la grande navigation fluviale.

Il faut donc revoir le projet en tenant compte de ces aspects du problème. Il faut aussi mettre à jour les devis, un certain renchérissement s'étant produit depuis leur établissement il y a quelques années. Une partie de ce travail est effectuée par les soins de notre service, la mise au point définitive du projet, puis l'établissement des plans d'exécution et cette dernière elle-même incombant aux cantons. Bien entendu, c'est à eux qu'incombera également la tâche de financer cette grande œuvre, compte tenu d'une subvention fédérale que le Conseil fédéral a déjà promise sous réserve d'approbation par les Chambres.

* * *

Comme il ressort de cet exposé, les travaux préliminaires à l'exécution de ce grand travail d'utilité publique sont maintenant très avancés et on est en droit d'espérer que sa réalisation pourra être entreprise prochainement.

En attendant, les cantons les plus intéressés au régime des lacs subjurassiens ont demandé aux autorités fédérales de modifier les clauses du règlement de barrage actuellement en vigueur en ce qui concerne l'automne et l'hiver. Ces mesures auront pour effet de maintenir les lacs durant ces saisons à des niveaux inférieurs à ceux résultant de l'application du règlement actuel. Ainsi, en cas de crue, les niveaux maxima seront quelque peu moins élevés.

* * *

Nous ne voudrions pas terminer cet exposé sans profiter de remercier vivement, au nom du Service fédéral des eaux, les services techniques fédéraux et cantonaux, les ingénieurs-conseils, les géologues, les entreprises, etc qui ont collaboré aux études auxquelles il a procédé. Il ne nous est naturellement pas possible de les nommer ici ; qu'il nous soit cependant permis de faire une exception pour M. Henri Gicot, ingénieur-conseil à Fribourg, qui, conjointement avec notre service, a assuré la direction générale des études effectuées depuis 1944.