

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
Band: 43 (1953)

Artikel: La nouvelle correction des eaux du Pied du Jura et l'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine
Autor: Chavaz, Fernand
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308995>

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: 17.01.2026

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

La nouvelle correction des eaux du Pied du Jura et l'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine

par M. FERNAND CHAVAZ,
sous-directeur du Service fédéral des eaux, à Berne

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE.	7
--------------------	---

PREMIÈRE PARTIE

La nouvelle correction des eaux du Pied du Jura

I. La première correction	8
A. La situation avant la première correction	8
B. Le but et les travaux de la première correction	9
C. L'assainissement et la mise en culture des plaines riveraines	11
II. La situation après la première correction et les projets en vue de l'améliorer. La construction du nouveau barrage de Nidau.	14
A. Le régime actuel des lacs	14
B. Les études antérieures à 1944 et la construction du nouveau barrage de Nidau	18
C. Les études effectuées entre 1944 et 1950.	21
1. Généralités.	21
2. Le secteur en amont de Büren.	23
a) Les calculs hydrauliques	23
b) Les études de nature constructive.	25
c) Le résultat des études	26
3. Le secteur en aval de Büren.	26

III. La nouvelle correction proposée par les cantons en 1952.	28
A. Généralités	28
B. Description sommaire des travaux proposés	30
1. Le secteur en amont de Büren.	30
a) Canal de la Broye	30
b) Canal de la Thielle.	32
c) Canal de Nidau à Büren	32
2. Le secteur en aval de Büren.	33
C. Le mode d'exécution des travaux.	37
D. Les effets de la nouvelle correction proposée.	42
1. L'abaissement des niveaux de crues et son importance pour l'agriculture	42
2. Les travaux proposés et la navigation	44
3. Les travaux proposés et le climat	47
4. Les travaux proposés et la pêche.	48
5. Les travaux proposés et la production d'énergie électrique	50
IV. La situation à fin 1953.	51
V. Conclusion.	52

DEUXIÈME PARTIE

Le plan d'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine

I. Les méthodes permettant d'éviter les débordements d'un lac et leur application à ceux du Pied du Jura.	53
II. Les nouvelles usines hydroélectriques envisagées dans le bassin de la Sarine	58
A. Généralités	58
B. Description sommaire des nouvelles usines envisagées.	61
1. Usine du Sanetsch	61
2. Augmentation de la retenue du lac d'Arnon.	62
3. Usine Le Vanel-Rossinière.	63
4. Accumulation du Gros-Mont.	64
5. Usines Hongrin-Grandchamp et Hongrin-Rossinière.	65
6. Usine Montbovon-Gruyères.	66
7. Usine de Flamatt.	67
8. Aménagement de la Basse-Sarine.	67
a) Usine Schifffenen-lac de Morat (Montilier).	68
b) Usine Schifffenen-Laupen	69
C. Les possibilités de production des usines envisagées.	72
POSTFACE.	72

PRÉAMBULE

La présente communication constitue un résumé de la conférence que nous avons donnée devant la Société fribourgeoise des sciences naturelles à Praz, le 31 mai 1953, et à Fribourg, le 3 décembre de la même année.

Dans une première partie, nous exposons les grandes lignes du projet actuel de nouvelle correction des eaux du Pied du Jura. Ce projet concerne les canaux de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren — c'est-à-dire les canaux servant d'émissaire à chacun des trois lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienne — ainsi que l'Aar elle-même entre Büren et l'embouchure de la Grande Emme.

En deuxième partie, nous décrivons le plan actuel d'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine. Suivant la manière dont ces forces seront mises en valeur, le régime des apports aux lacs subjurassiens pourrait être modifié notablement. L'examen de ce problème a donc fait partie des études préliminaires qu'il a fallu effectuer afin de dégager les principes sur lesquels il convenait de baser le projet des nouvelles corrections. Comme ce plan d'aménagement de la Sarine intéresse d'une manière toute particulière le canton de Fribourg, nous avons pensé qu'il était indiqué de l'exposer ici avec quelques détails.

Il convient d'attirer d'emblée l'attention sur ce qui suit : alors que le projet actuel d'une deuxième correction des eaux du Pied du Jura — surtout en ce qui concerne les travaux à effectuer en amont de Büren — est le résultat d'études approfondies et qu'il a été approuvé dans ses grandes lignes par les cantons intéressés, le plan d'aménagement de la Sarine comporte plusieurs avant-projets de caractère très général seulement. Ce plan n'a d'ailleurs rien d'absolu et des solutions nouvelles et plus avantageuses pourraient, par exemple, s'y incorporer aisément. Enfin, et sauf rares exceptions, l'octroi des concessions correspondantes est expressément réservé aux autorités compétentes des cantons intéressés. Rappelons à ce propos que l'art. 39 de la loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques indique dans l'ordre suivant les critères qui doivent guider les autorités lorsqu'elles statuent sur les demandes de concession : 1^o l'intérêt public ; 2^o l'utilisation rationnelle des eaux

et 3^o les intérêts existants. Il en résulte que l'intérêt public est le critère dominant et qu'il ne doit pas être confondu avec l'utilisation rationnelle des forces hydrauliques.

PREMIÈRE PARTIE

La nouvelle correction des eaux du Pied du Jura

I. La première correction

Il n'est pas possible d'exposer, même succinctement, les problèmes soulevés par les nouveaux travaux envisagés actuellement 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.

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 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, des observations faites depuis lors par notre service, en particulier de levés bathymétriques du delta de Hagneck et de la retenue de Wohlen, on peut déduire que les matières solides charriées par l'Aar à Aarberg s'élevaient alors à environ 400 000 m³ par année. Vu la très faible pente de la rivière entre Aarberg et son confluent avec la Thielle, ces 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. C'est ainsi

que lors de grandes crues de l'Aar, il arrivait même que ses eaux refluent par la Thielle jusque dans le lac de Bienne. Lorsque les affluents aux trois lacs étaient en crue au même moment, ces derniers ne tardaient pas à déborder et toute la région comprise entre Yverdon et Avenches d'une part et Bienne d'autre part ne formait alors 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 aussi en aval de Meienried où elle provoquait également des inondations. Celles-ci 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 souvent en même temps que celles de ses affluents, l'Emme en particulier.

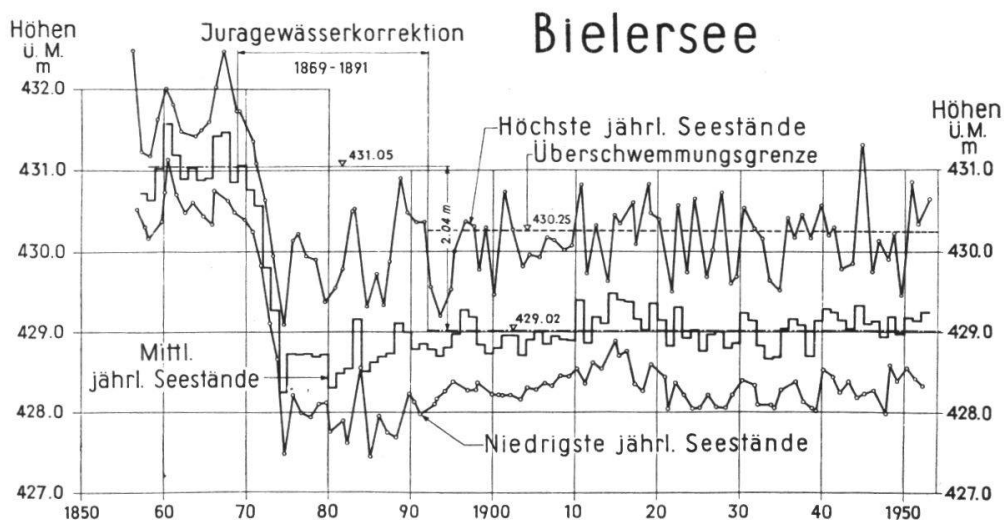
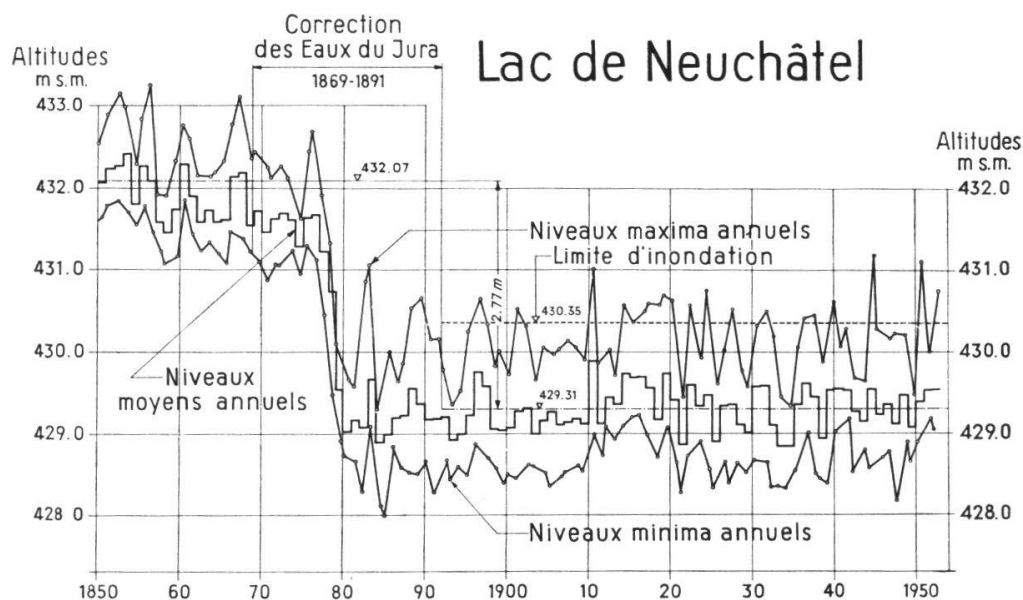
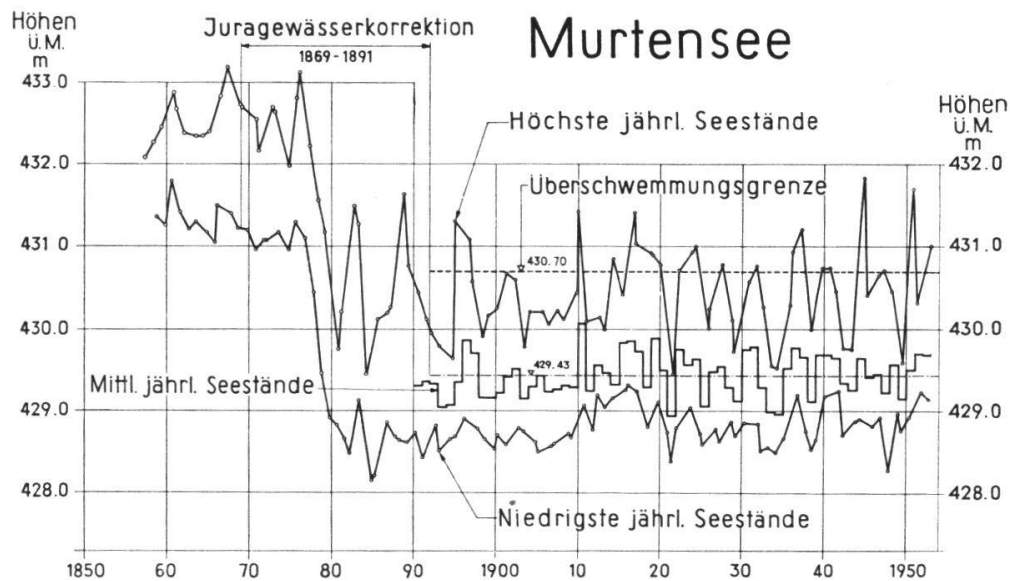
B. Le but et les travaux de la première correction

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 fut abaissé de plusieurs mètres (voir fig. 1). Les travaux — considérables si l'on tient compte des moyens dont on disposait à l'époque — furent exécutés sur la base de plans établis 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. En fait, il ne fut pas effectué.

La première correction des eaux du Pied du Jura fut réalisée de 1869 à 1891 par les quatre cantons riverains de Berne, Fribourg, Vaud et Neuchâtel. Elle coûta 19,1 millions de francs, dont plus du quart fut pris en charge par la Confédération. Cette somme de 19,1 millions ne comprend pas les travaux qui durent être effectués par les cantons, les communes et les particuliers le long des rives des lacs pour adapter celles-ci à la nouvelle situation causée par la baisse du niveau des eaux ; il fallut en effet construire des quais, des murs de soutènement, des ports, des jetées, etc. Elle ne

Seestände - Niveaux des lacs

R.P.N. 373.60



comprend pas non plus les frais nécessités par l'assainissement, puis la mise en culture des anciennes plaines marécageuses.

Le but de la première correction fut atteint. Le niveau moyen des lacs fut abaissé dans la mesure escomptée. 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. Ces cotes étaient inférieures de plus d'un mètre à celles observées lors de la dernière grande crue ayant précédé la correction (voir tableau, p. 17). Or, 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, la marge étant de 8 cm pour le lac de Morat, de 50 cm pour le lac de Neuchâtel et de 15 cm pour le lac de Bienne. Mentionnons aussi à titre de comparaison que le niveau maximum atteint par le lac de Neuchâtel en 1944 correspondit sensiblement à celui des plus basses eaux observées entre 1850 et 1869.

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 et des glissements de terrains se produisirent sur la rive nord du lac de Bienne. Les cantons riverains décidèrent 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 construit de 1885 à 1887 sur le canal de Nidau à Büren, immédiatement à l'amont du débouché de la Vieille Thielle. Son but essentiel, à l'origine tout au moins, était donc d'éviter de trop bas niveaux des lacs en périodes de basses eaux.

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 de l'Aar, de Soleure à Koblenz, a donc aussi tiré de grands avantages des travaux effectués.

C. L'assainissement et la mise en culture des plaines riveraines

En construisant les grands canaux de Hagneck, de la Broye, de la Thielle et de Nidau à Büren, la correction des eaux du Jura créa les conditions indispensables à l'assainissement des grandes

plaines auparavant marécageuses de l'Orbe, de la Broye et du Grand Marais. Mais il est évident que la mise en culture intensive de ces plaines telle que nous la connaissons aujourd'hui impliquait l'exécution de toute une série de travaux complémentaires. Ces travaux, commencés dès que le niveau des lacs fut abaissé, ont été effectués par les cantons avec l'aide financière de la Confédération.

On procéda généralement en deux étapes. Tout d'abord, on corrigea les principaux cours d'eau qui divaguaient dans ces plaines où — vu la pente très faible — ils abandonnaient leurs alluvions, ce qui augmentait encore le danger d'inondation. Les lits de l'Orbe, du Mujon, du Buron, de la Broye, de la Glâne, de la Bibera furent donc redressés, raccourcis, canalisés. Puis on construisit de grands canaux d'assainissement afin de permettre — parfois indépendamment du lit canalisé des cours d'eau précités — l'écoulement des eaux de surface. Ce sont le Canal occidental et le Canal oriental dans la plaine de l'Orbe, le Grand Fossé ou Fossé Neuf dans la plaine de la Broye, le Grand Canal et le Canal de Galmiz dans le Grand Marais fribourgeois, enfin toute une série de canaux analogues dans le Grand Marais bernois : le Canal Principal et ses canaux secondaires : le canal du Schwarzgraben, le canal du Seeboden, celui d'Isleren, etc.

Grâce à ces travaux, dont la plupart ont été effectués au siècle dernier, de vastes régions si malsaines et si improductives que, par exemple, la frontière entre les cantons de Berne et de Fribourg dans le Grand Marais ne fut fixée qu'en 1857 seulement, furent peu à peu mises en valeur et se révélèrent d'excellents terrains agricoles.

Toutefois, l'assainissement intégral de ces plaines n'était pas terminé. Dans les régions tourbeuses, l'abaissement du niveau de la nappe phréatique et la mise en culture du sol provoquèrent peu à peu des affaissements de la surface du terrain allant jusqu'à un mètre, ce qui remettait en question la possibilité de le cultiver en période de hautes eaux. En outre, dans de grandes régions, l'utilisation toujours plus intensive des terrains exigeait des conditions d'humidité encore plus favorables. Il fallut donc procéder à une nouvelle série de travaux afin de pouvoir maintenir la nappe souterraine à un niveau optimum, ce qui impliquait non seulement l'amélioration des drainages, mais encore, dans les régions tourbeuses surtout, l'élévation du niveau de cette nappe en périodes sèches.

Ce fut l'objectif de la deuxième étape. Pour l'atteindre, on commença par approfondir les grands canaux d'assainissement établis précédemment, ce qui permit non seulement d'abaisser le niveau de l'eau souterraine le long de leurs rives, mais encore d'effectuer un drainage de détail dans de vastes régions. Notons en passant que, vu les faibles pentes à disposition, le débouché des collecteurs de drainage dans les grands canaux d'assainissement est souvent immergé ; la différence de niveau entre la nappe dans les terrains drainés et le plan d'eau dans le canal approfondi est cependant suffisante pour assurer un fonctionnement normal du drainage.

D'autre part, surtout dans les régions graveleuses et tourbeuses, l'approfondissement des canaux d'assainissement aurait conduit à un abaissement indésirable du niveau de la nappe en période sèche ; on y para en irrigant et en particulier en surélevant temporairement le plan d'eau des canaux au moyen de barrages appropriés.

Dans certains cas — dans le Grand Marais bernois notamment — on eut encore recours à d'autres procédés. C'est ainsi, par exemple, que la région de Hagneck évacue ses eaux vers le lac de Bienne par l'intermédiaire de deux tunnels percés au travers de la colline molassique longeant la rive sud du lac, qu'une station de pompage élève les eaux en provenance de la région de Walperswil et que deux conduites pouvant prélever de l'eau dans le canal de Hagneck alimentent le réseau principal des canaux d'assainissement en cas de sécheresse.

Les travaux de cette deuxième étape furent réalisés au cours de ce siècle. Subventionnés largement par la Confédération au titre des améliorations foncières, ils furent, comme ceux de la première étape, exécutés directement par chacun des cantons intéressés. Vu les surfaces entrant en ligne de compte, les travaux relatifs au canton de Berne furent les plus importants ; ils n'ont été terminés officiellement qu'en 1949 seulement.

Bien entendu, une fois le travail de l'ingénieur civil et de l'ingénieur rural terminé, les terrains assainis n'étaient pas encore aptes à donner sans autre les belles récoltes espérées ; avant qu'il en soit ainsi, il a fallu que l'agriculteur y consacre encore beaucoup de temps et de peine.

Aujourd'hui, exception faite de certaines régions littorales et de quelques rares zones d'importance secondaire situées plus en

arrière, l'assainissement et la mise en culture intensive des vastes plaines libérées de la servitude d'inondations fréquentes par la première correction des eaux du Jura sont terminés. Ces régions autrefois improductives et même malsaines sont devenues des centres importants de production agricole et maraîchère. Durant la dernière guerre, leur contribution au ravitaillement du pays fut de toute première importance ; à elle seule, elle aurait largement justifié — si cela avait été encore nécessaire — les sacrifices pourtant très importants consentis pour cette région par les pouvoirs publics, la Confédération en particulier, depuis bientôt un siècle.

II. La situation après la première correction et les projets en vue de l'améliorer. La construction du nouveau barrage de Nidau

A. Le régime actuel des lacs (voir fig. 1 à 6)

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. Remarquons que c'est précisément parce qu'à cette époque la plus grande partie du bassin versant des lacs se trouvait dans cette région qu'on a donné à l'ensemble hydrographique formé par les trois lacs et leurs émissaires le nom d' « Eaux 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 forte influence sur leurs niveaux. 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

JURASEEN - LACS DU JURA

Grenzwertkurven der Seestände - Courbes limites des niveaux des lacs

R. P. N. 373. 60

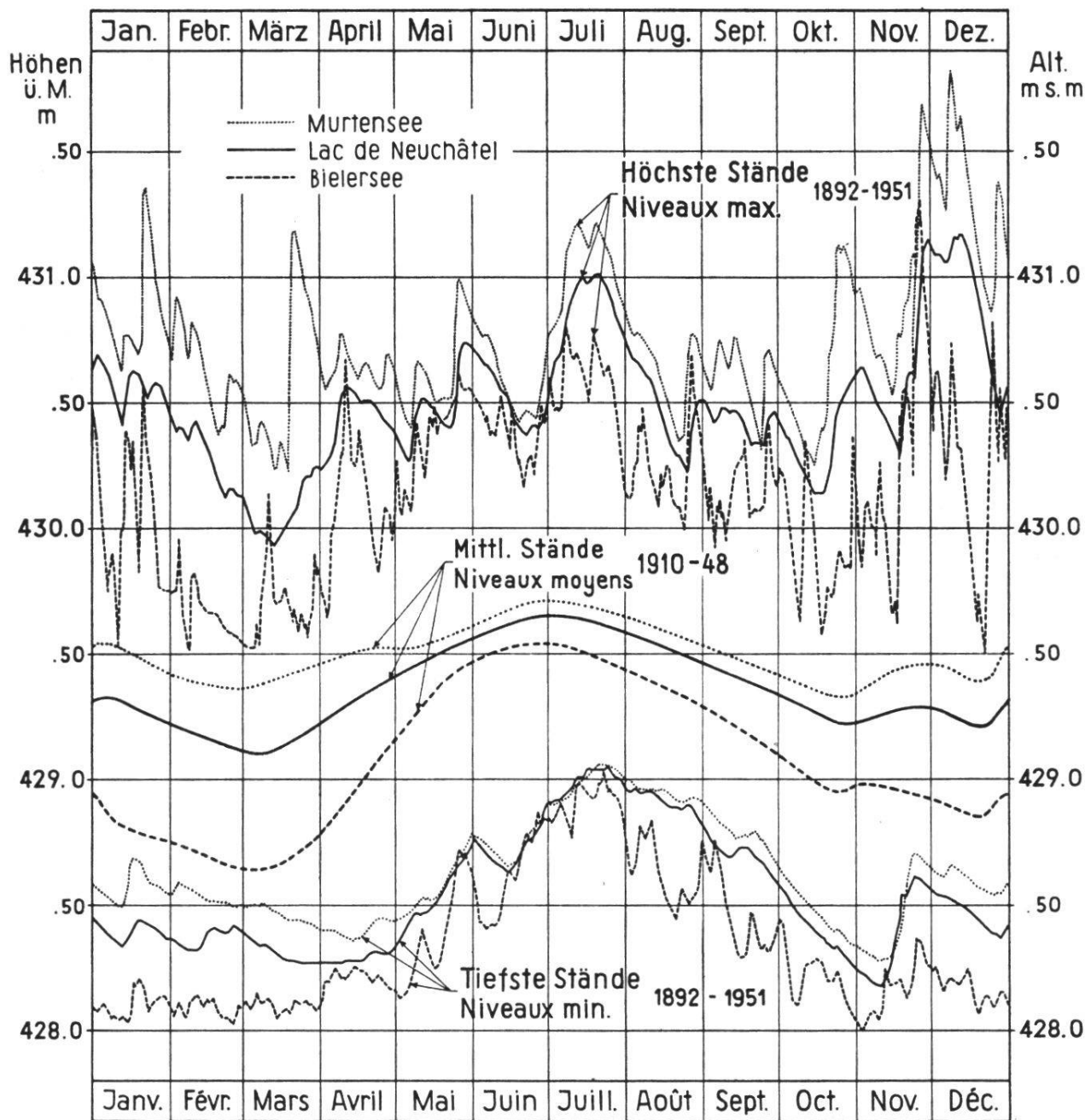


Fig. 2

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 dont les effets ne concordent que rarement, 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.

Quant aux grandes crues, elles peuvent avoir lieu à n'importe quelle saison. Elles se produisent toutefois de préférence en automne. Les plus fortes d'entre elles, celles de 1944 et 1950, sont survenues en novembre et au début de décembre.

Nous avons déjà relevé que les niveaux actuels des lacs dépendaient aussi du réglage des débits de l'Aar effectué au barrage de Nidau ; c'est le cas en périodes d'eaux moyennes et d'étiage, c'est-à-dire durant la plus grande partie de l'année. Le réglage a lieu selon un règlement de manœuvre accepté par tous les cantons riverains et approuvé par le Conseil fédéral. Ce règlement — rédigé sous une forme essentiellement graphique — prévoit notamment que le barrage doit être complètement ouvert lorsque le niveau du lac de Bienne dépasse la cote 429,49 (limite de régularisation) ou lorsque celui du lac de Neuchâtel est au-dessus de la cote 429,64. Il fixe d'autre part à 428,06 (limite d'abaissement) celle au-dessous de laquelle le lac de Bienne ne doit descendre en aucun cas. Entre ces deux limites, les débits à écouler au barrage sont prescrits en fonction du niveau du lac et de la saison.

Lors de pénuries exceptionnelles de combustible — ce fut le cas en particulier durant la dernière guerre mondiale et les années qui suivirent —, une réglementation spéciale fut appliquée afin de favoriser la production d'énergie des usines hydroélectriques situées sur l'Aar en aval du lac de Bienne. Il en résulta notamment une légère surélévation des niveaux de la crue de 1944 par rapport à ceux qui auraient été constatés si l'on avait appliqué le règlement normal.

Lors des basses eaux de 1947 par contre, ce fut l'inverse qui se produisit : les niveaux descendirent sensiblement plus bas que si le règlement avait été appliqué.

L'examen des fluctuations subies par les niveaux des lacs avant et après la première correction permet de constater qu'en général les variations normales sont maintenant plus rapides et l'amplitude des oscillations plus grande qu'auparavant. En valeur absolue, les fluctuations des apports de l'Aar sont en effet plus importantes que celles des autres affluents des lacs et l'interdépendance accrue de ceux-ci facilite l'influence de ces fluctuations sur les niveaux des lacs supérieurs, celui de Neuchâtel en particulier. Si la première correction a donc amélioré d'une manière considérable la situation des plaines riveraines, elle n'a, par contre, pas « régularisé » le niveau des lacs, au sens donné généralement à ce terme.

Voici encore, pour compléter cet aperçu, quelques données numériques caractéristiques 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
<i>Régime antérieur à la 1^{re} correction :</i>			
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
<i>Régime postérieur à la 1^{re} correction :</i>			
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 de la crue de 1950	431,69	431,09	430,82
Niveaux maxima des crues de 1910	431,41 (janvier)	431,01 (juillet)	430,84 (juillet)

	Lac de Morat	Lac de Neuchâtel	Lac de Bienne
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 1 ^{re} 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

En janvier 1910, puis à nouveau en été de la même année, de grandes crues se produisirent. La seconde d'entre elles fut encore aggravée du fait qu'on ne put ouvrir complètement le barrage de Nidau. Ces crues, confirmant les prévisions de La Nicca, montrèrent que malgré les excellents résultats obtenus au moyen des travaux de correction déjà effectués, des inondations importantes pouvaient encore se produire en périodes extrêmement pluvieuses. 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 dernier, 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 ; mais ces projets n'étaient que partiels, en ce sens qu'ils ne visaient à supprimer que certains inconvénients. Ce fut le mérite de l'ingénieur en chef Arthur Peter — récemment décédé après avoir dirigé pendant de nombreuses années le 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. Mais le devis des travaux envisagés — ceux-ci s'éten-

daient jusqu'à l'embouchure de l'Emme — se montait à 45 millions de francs. L'importance de cette somme incita notre propre service à rechercher des solutions plus économiques ; c'est M. le conseiller fédéral K. Kobelt, alors chef de section de notre service, qui dirigea ces études. Puis, en 1923, 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.

Mais le canton de Neuchâtel s'opposa énergiquement à la réalisation de ces projets, car il estimait que ceux-ci ne se justifiaient pas au point de vue de l'économie générale. Il craignait surtout

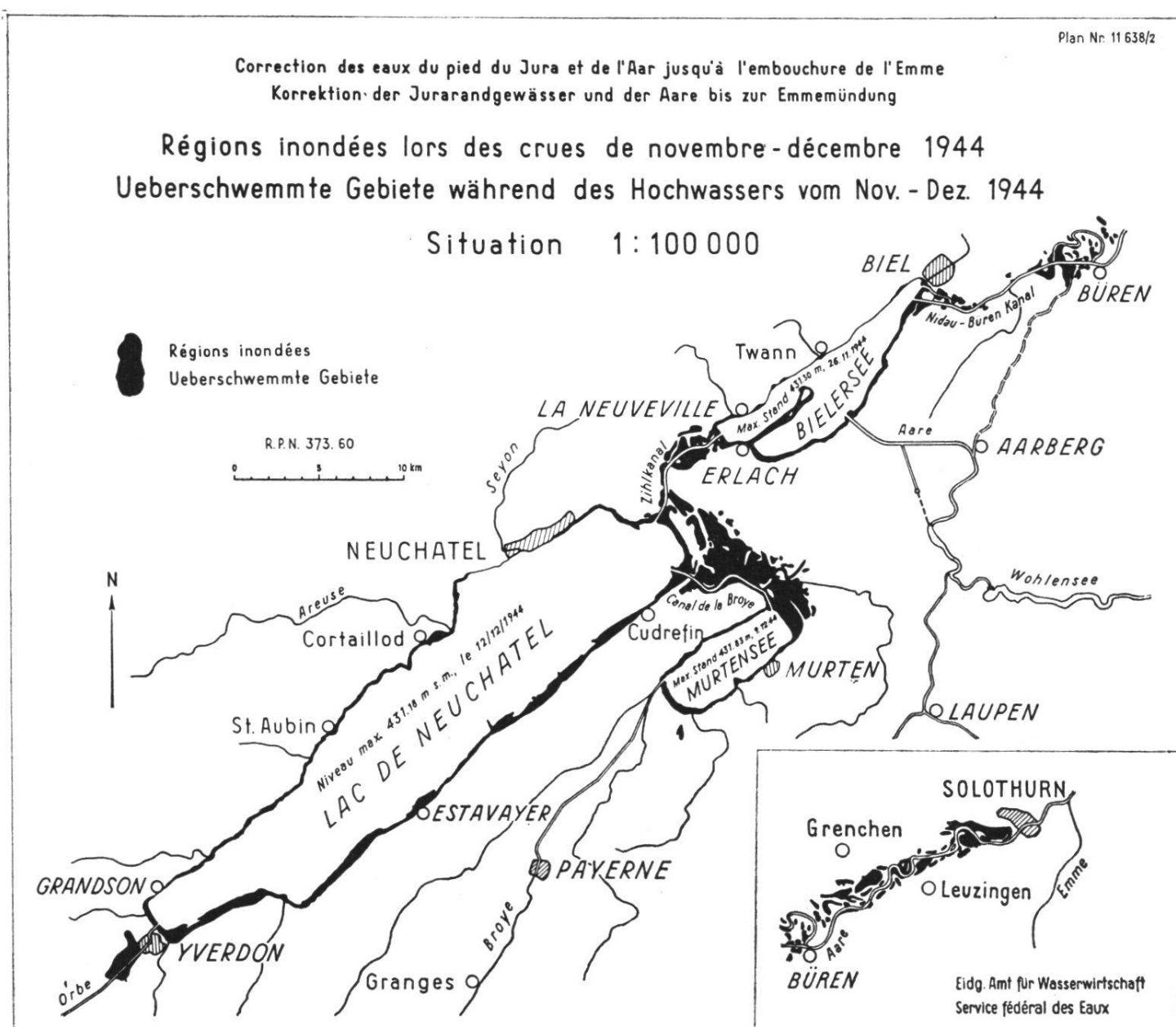


Fig. 3

des répercussions défavorables sur les constructions riveraines, la pêche et même le vignoble. D'autre part, l'examen de la question par les autorités responsables au point de vue financier conduisit à des conclusions d'autant plus réservées qu'on se trouvait alors en pleine crise économique.

En définitive, le Conseil fédéral, constatant que la somme prévue de 34 millions de francs ne se trouvait toujours pas dans un rapport suffisant avec les avantages espérés, renonça à poursuivre l'examen de cette question sur la base de ces projets. Il accorda par contre l'entier appui financier de la Confédération au canton de Berne, afin que ce dernier puisse ériger un nouveau barrage à Nidau, le barrage primitif mis en service en 1887 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. La subvention totale de la Confédération s'est élevée au 65 % de cette somme, dont 25 % au titre de la lutte contre le chômage, car celui-ci sévissait alors tout spécialement dans la région de Bienne. Le nouveau



Fig. 4. Débarcadère de Morat le 9 décembre 1944.

Niveau du lac : 431,81 m

(Photo Flury S. A., Morat.)



Fig. 5. Vue aérienne de la région du Grand-Marais le 14 décembre 1944.
Niveau du lac de Morat : 431,54 m
Niveau du lac de Neuchâtel : 431,15 m
Au premier plan à droite, le Birkenhof. Au fond, le canal de la Broye, à gauche, le Vully.
(Service photographique des troupes d'aviation.)

barrage 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

Etant donné les niveaux extraordinairement élevés atteints par les lacs au cours de la crue de fin 1944, l'ampleur des inondations et les dégâts qui en résultèrent furent considérables. C'est ainsi que la surface des terrains situés au-dessus des limites des dégâts (voir tableau p. 18) et qui furent submergés s'éleva à 28,5 km² et que le montant des dommages déclarés ascenda à 1,4 million de

francs. Si ces inondations s'étaient produites quelques semaines plus tôt, ce montant aurait été supérieur de beaucoup.

Dans ces conditions, notre service et les cantons intéressés furent unanimes à estimer qu'il convenait d'entreprendre de nouvelles études en vue d'améliorer la situation et d'éviter le renouvellement d'une telle catastrophe. Lors des études précédentes, on avait cherché avant tout des solutions susceptibles d'éviter toute nouvelle inondation. Ces études avaient montré que les solutions répondant à cette condition étaient d'un coût disproportionné aux avantages que présenterait leur réalisation. Cette fois, sur la proposition du directeur de notre service à cette époque, M. le Dr Karl Mutzner, on chercha au contraire à déterminer la ou les solutions pour lesquelles le rapport entre le coût et les avantages qui en découleraient est 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'a qu'une influence peu sensible sur les niveaux des lacs. Il fut donc possible de scinder ces études en deux parties :

- celles concernant le secteur situé en amont de Büren, qui furent effectuées avec l'aide financière et technique des quatre cantons dits supérieurs de Vaud, Fribourg, Neuchâtel et Berne, sous le nom d'études pour la régularisation des lacs subjurassiens,
- celles concernant le secteur compris entre Büren et l'embouchure de l'Emme, qui furent effectuées avec l'aide financière et technique des cantons de Soleure et de Berne.

Avant d'entreprendre ces études, il fallut procéder à de nombreux travaux préparatoires d'ordres 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 indis-

pensable 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 des coupes géologiques détaillées de toute la région intéressée par les travaux envisagés.

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 accroissement de la capacité d'écoulement des canaux existants servant d'émissaires aux lacs ; en effet, les autres possibilités, comme par exemple 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 pour ces bassins dits de retardement.

2. Le secteur en amont de Büren

a) *Les calculs hydrauliques*

Conformément au principe adopté, 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 pour chaque canal leur état actuel ; cette variante a été désignée par B⁰ pour la Broye, Z⁰ pour la Thielle (Zihl) et A⁰ pour le canal de Nidau à Büren (Aar). Le projet de M. Peter constituait une très grande solution ; nous pûmes par conséquent reprendre pour chacun des trois canaux les dispositions prévues dans ce projet et les adopter comme grandes variantes (B^G, Z^G, A^G). Il restait à choisir les solutions intermédiaires. Là encore, nous avons cherché à utiliser dans toute la mesure du possible des variantes déjà étudiées ou à examiner des possibilités dont l'étude devait être effectuée dans un autre but, en l'occurrence à l'occasion de l'établissement du plan d'aménagement des eaux entre le lac Léman et le Rhin par l'Association suisse pour la navigation du Rhône au 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 (B^M) ;
- β) pour le canal de la Thielle : le profil normal des cours d'eau navigables pour ces mêmes chalands automoteurs (Z^M) ;
- γ) pour le canal de Nidau à Büren : un profil analogue à celui prévu dans une étude antérieure de notre service, ce profil répondant également aux normes pour la navigation fluviale au moyen des automoteurs en question (A^M).

Une fois les caractéristiques des diverses variantes fixées, on examina quels niveaux auraient atteints les lacs si ces variantes avaient déjà été réalisées lors des trois plus grandes crues observées entre la fin des travaux de correction, il y a 63 ans, et 1948. Ces crues, dont le caractère est nettement différent, sont les suivantes :

- α) janvier 1910 : apports extrêmement élevés, mais pendant une courte durée seulement ;
- β) été 1910 : apports non extraordinairement élevés, mais très importants pendant plusieurs mois consécutifs ;
- γ) novembre-décembre 1944 : superposition de deux crues des types précédents.

En combinant entre elles les trois variantes considérées pour chacun des trois canaux, on obtient 27 combinaisons différentes pour l'ensemble formé par ces ouvrages. En fait, il n'a pas été nécessaire de calculer les effets de toutes ces combinaisons, ceux dus à quelques-unes 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 fluviale. On put donc choisir en connaissance de cause, pour chaque canal, les profils en travers les plus indiqués pour chacun des tronçons présentant des conditions sensiblement analogues.

Au lieu de prévoir des profils transversaux 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. La profondeur de l'eau dans les canaux étant donnée par les normes de navigation et la capacité d'écoulement de chaque canal par les études hydrauliques effectuées précédemment, il restait à déterminer la largeur du lit, celle-ci dépendant encore de la pente du plan d'eau le long du canal. Mais cette pente est fonction, à son tour, du mode de revêtement choisi.

L'avant-projet prévoit que celui-ci 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 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 sable et gravier de granulométrie appropriée protégerait également contre l'érosion le bas des talus et le plafond des canaux.

L'établissement du projet concernant le débouché de ces canaux dans les lacs a, lui aussi, posé des problèmes dont la solution fait appel autant à l'expérience qu'aux spéculations théoriques. Ce fut le cas, en particulier, en ce qui concerne 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 a été communiqué aux quatre cantons riverains des lacs en 1948. Notre service arrivait alors à la conclusion qu'il convenait d'envisager en amont de Büren les corrections suivantes pour chacun des trois canaux :

- canal de la Broye : variante dite moyenne (B^M), coût : 6,8 millions de francs ;
- canal de la Thielle : variante intermédiaire ($Z^{M'}$ ou $Z^{M''}$) entre la variante dite moyenne (Z^M) et la grande variante (Z^G) ; coût : 10 millions de francs pour la variante $Z^{M''}$;
- canal de Nidau-Büren : variante dite moyenne (A^M), coût : 12,3 millions de francs.

Le coût total de ces travaux se serait donc monté à 29,1 millions de francs, dont 5 millions environ représentaient des travaux qui n'intéressaient pas directement la régularisation des lacs — en fait l'augmentation de la capacité des canaux —, mais qui avaient été englobés dans le devis parce qu'il aurait été techniquement rationnel de les exécuter en même temps.

Ces corrections auraient permis de supprimer toutes les inondations qui se sont produites dans la région des lacs depuis la fin de la première correction, à l'exception de celles — les plus importantes — de 1944 et 1950. Quant à ces dernières, elles auraient été beaucoup moins étendues et d'une durée beaucoup moins longue puisque les niveaux maxima des lacs seraient restés de 50 à 80 cm environ inférieurs à ceux observés effectivement.

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 des rives ont favorisé l'érosion de ces dernières 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 m³/s. Lors des crues de 1944, où le débit à Nidau atteignit 700 m³/s, 9 km² environ de terres cultivées furent submergées. Si la correction n'augmentera 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 cette raison aussi, on ne saurait limiter à Büren les travaux à effectuer, bien que 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 pro-



Fig. 6. Vue aérienne de la plaine de l'Aar entre Büren et Soleure le 25 novembre 1944.
Débit de l'Aar à Brugg : 700 m³/sec.
(Service photographique des troupes d'aviation.)

jetée 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. Parallèlement aux études effectuées pour le secteur situé à l'amont de Büren, notre service et l'Inspection fédérale des travaux publics, en collaboration avec le canton de Soleure, procédèrent donc à des études détaillées afin de dégager une solution satisfaisant à ces multiples exigences.

III. La nouvelle correction proposée par les cantons en 1952

A. Généralités

Après les inondations de l'automne 1950, dont l'ampleur atteignit presque celles de 1944, les cinq cantons intéressés à une amélioration du régime des eaux du Pied du Jura examinèrent à nouveau l'ensemble du problème. Comme nous venons de le voir, ils disposaient alors de deux séries d'études toutes récentes :

a) *pour le secteur en amont de Büren :*

— les études dites pour la régularisation des lacs du Jura effectuées entre 1944 et 1950 par notre service avec la collaboration des quatre cantons supérieurs ;

b) *pour le secteur en aval de Büren :*

— les études exécutées durant la même période par notre service avec la collaboration des cantons de Berne et de Soleure ainsi que celles que terminait alors l'Association suisse pour la navigation du Rhône au Rhin sur le plan d'aménagement des eaux entre le lac Léman et le Rhin.

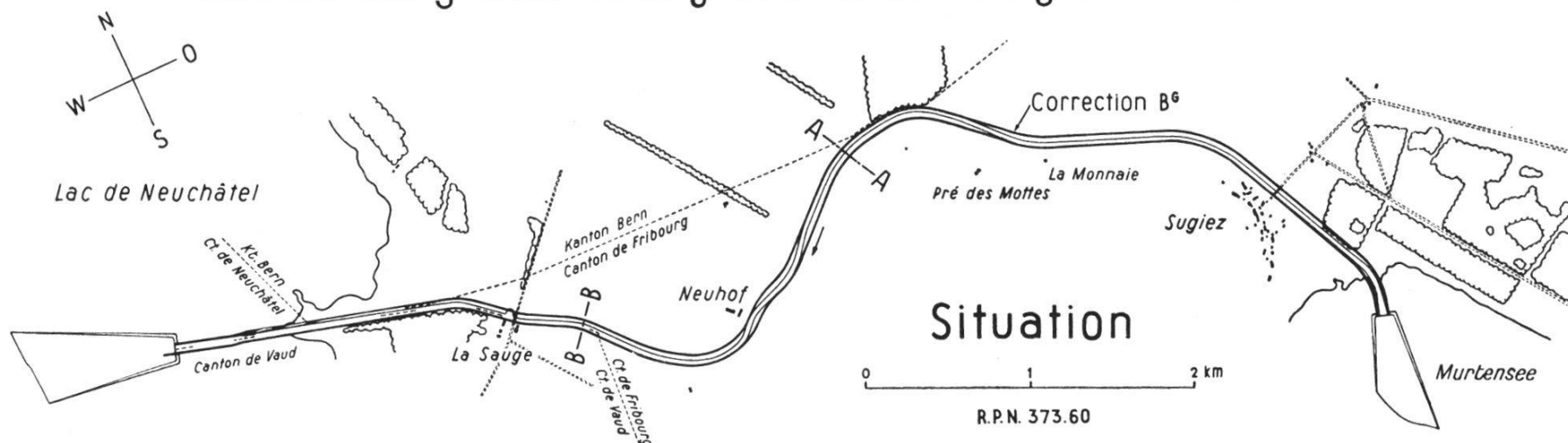
Se basant sur ces données, les représentants des cantons ont décidé d'un commun accord en 1952 :

a) d'adopter pour les travaux à effectuer en amont de Büren un projet légèrement plus important que la solution préconisée par notre service en 1948. Le coût des travaux prévus sur ce secteur — calculé sur la base des prix de 1947-1948 — s'élève à 30,4 millions de francs ;

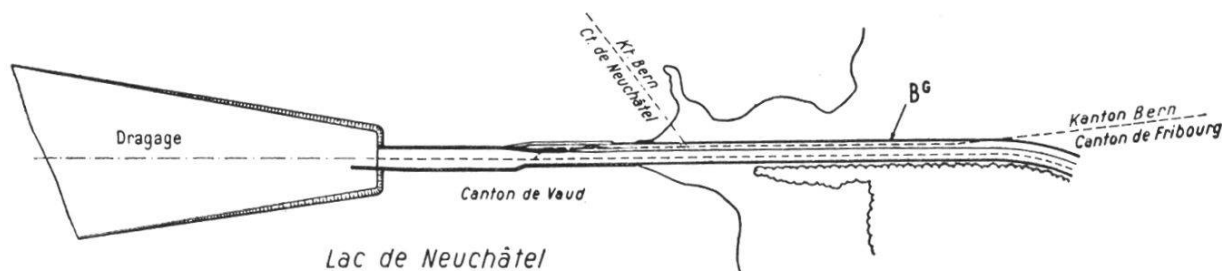
b) de prévoir l'exécution simultanée de la correction de l'Aar entre Büren et l'embouchure de l'Emme conformément au plan d'amé-

Canal de la Broye Broyekanal

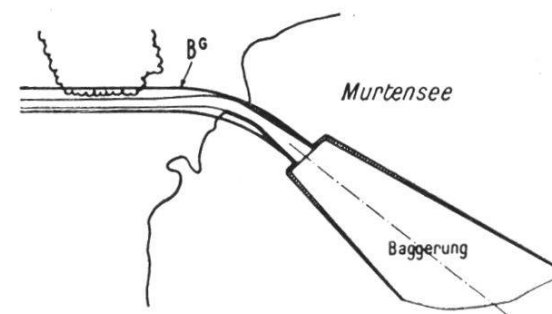
Corrections grande et moyenne Mittlere und grosse Korrektion



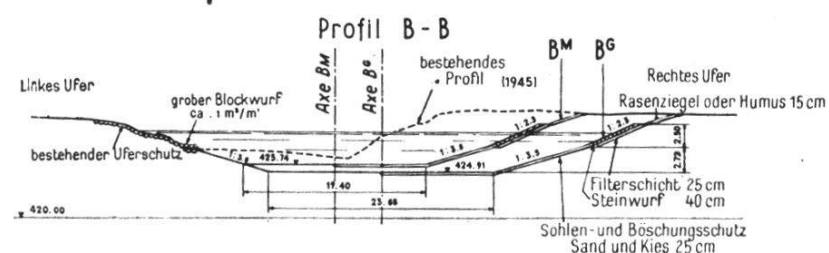
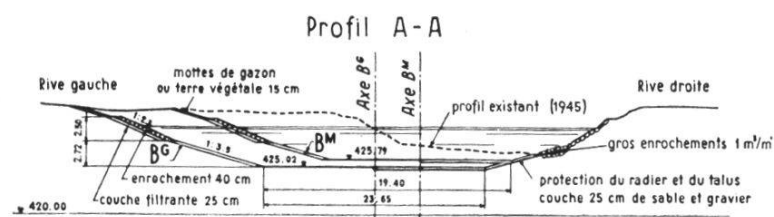
Embouchure dans le lac de Neuchâtel



Ausfluss aus dem Murtensee



Profils en travers caractéristiques



nagement Léman-Rhin précité. Coût des travaux prévus sur ce secteur : 21,6 millions de francs (même base des prix).

Le devis total s'élève donc à 52 millions de francs, cette somme devant être mise à disposition par la Confédération, les cinq cantons intéressés et les entreprises électriques possédant des usines sur l'Aar en aval de Bienne.

Les cantons proposent d'exécuter les travaux en quinze ans, ce qui doit faciliter le financement. L'échelonnement des travaux sur une durée aussi longue permettrait en outre de réduire au minimum les installations et l'outillage spécial nécessaires (dragues, bateaux-clapets pour le transport des déblais, etc.), et de l'utiliser d'une manière rationnelle.

A noter enfin que le canton de Neuchâtel a fait certaines réserves en ce qui concerne l'ordre suivant lequel les travaux devraient être exécutés de même qu'au sujet des niveaux des basses eaux futures. C'est ainsi que les quais en maçonnerie bordant le port de la ville de Neuchâtel sont fondés sur des caissons en bois arasés à la cote 428,53. Or, il est évident qu'un abaissement répété du niveau des eaux au-dessous de cette cote ne manquerait pas de mettre en danger la solidité de ces ouvrages.

B. Description sommaire des travaux proposés

1. Le secteur en amont de Büren

a) Canal de la Broye (voir fig. 7)

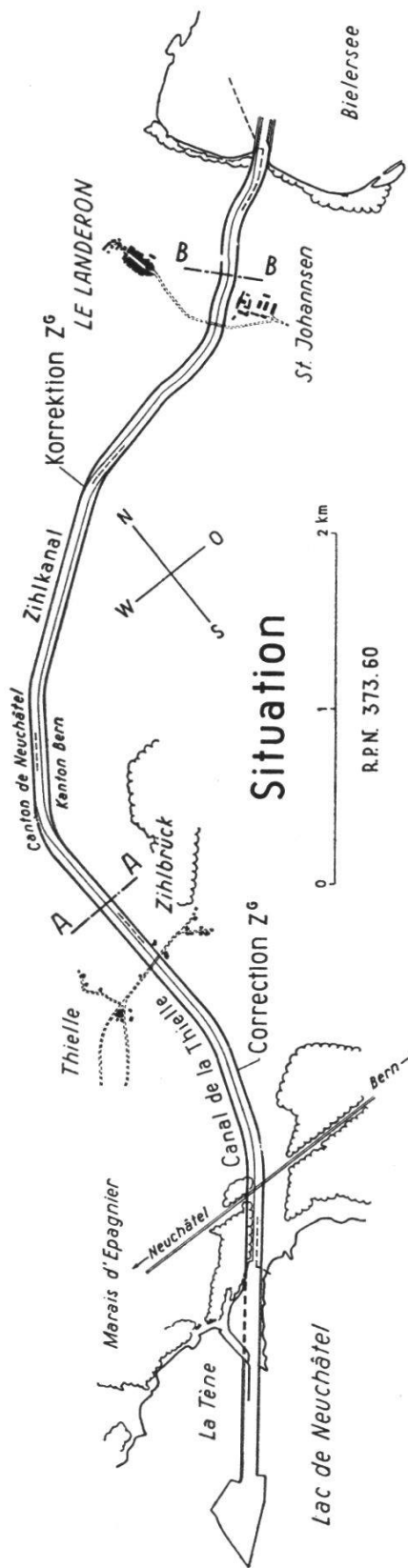
Les cantons proposent d'agrandir ce canal d'après l'avant-projet de correction dite moyenne (B^M) établi par notre service qui en a recommandé l'exécution en 1948. Ce projet prévoit un élargissement et un approfondissement du canal. Les nouvelles dimensions correspondraient à celles des canaux de navigation à double voie pour automoteurs. La largeur au niveau des eaux moyennes serait portée de 25 à 40 m environ et la profondeur augmentée en moyenne de 1,40 m environ. L'élargissement se ferait en principe d'un seul côté de manière à conserver une des berges existantes et ses protections en enrochements ou en perrés. Il aurait lieu tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre, suivant les conditions locales. Le profil en travers a été choisi en tenant compte dans toute la mesure du possible de

Canal de la Thielle

Corrections grande et moyennes

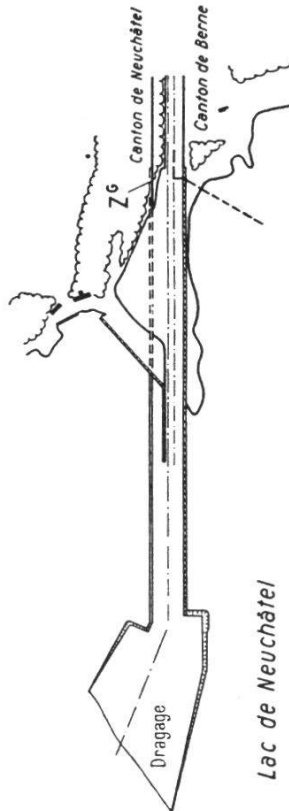
Zihlkanal

Mittlere und grosse Korrekturen

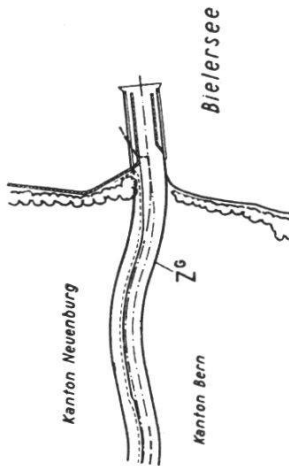


Situation

Embouchure dans le lac de Neuchâtel

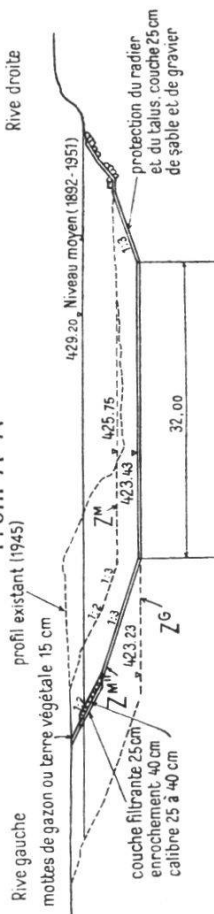


Mündung in den Bielersee



Profils en travers caractéristiques

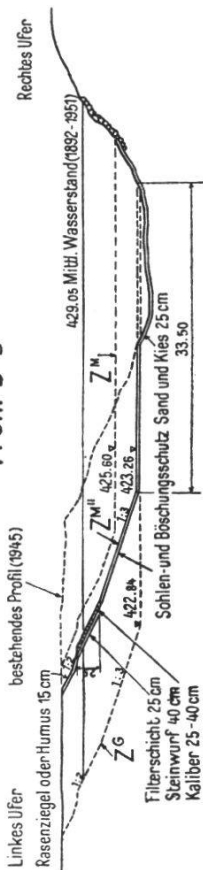
Profil A - A



Service fédéral des Eaux

Charakteristische Querprofile

Profil B - B



Eidg. Amt für Wasserwirtschaft

Fig. 8

la nature du terrain et de la forme que tend à prendre de lui-même le canal actuel. 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 ; ces chenaux seraient élargis en forme de trompe de manière à éviter un ensablement trop rapide.

Le coût de cette correction est évalué à 6,8 millions de francs.

b) *Canal de la Thielle* (voir fig. 8)

Pour ce canal, les cantons ont adopté la plus grande ($Z^{M''}$) des deux corrections dont notre service avait considéré l'exécution comme rationnelle. Suivant ce projet, le canal serait élargi et approfondi sur toute sa longueur et ses dimensions nouvelles : 5,60 m de profondeur minimum, au lieu de 3 à 7 m actuellement et 60 m de largeur au niveau moyen de l'eau, seraient supérieures à celles que doivent avoir, selon les normes en vigueur, les cours d'eau naturels navigables. Comme pour la Broye, l'élargissement — de 20 m en moyenne — est prévu d'un côté seulement, l'autre berge étant conservée. Selon les conditions locales, cet élargissement est prévu tantôt sur la rive gauche, tantôt sur la rive droite. Ici aussi, les berges et le plafond seraient protégés contre l'érosion par des enrochements et une couche de chaille ou de gravier. Le môle de rive gauche dans le lac de Neuchâtel serait prolongé jusqu'au droit de l'extrémité du môle rive droite, puis, comme pour le canal de la Broye, le canal de la Thielle se prolongerait dans le lac par un chenal en forme de trompe dragué dans les bancs de sable gênant actuellement la navigation. Le môle de rive droite dans le lac de Bienne serait reconstruit.

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

c) *Canal de Nidau à Büren*

Ici, les cantons proposent d'exécuter la grande correction A^G recommandée par la commission technique intercantonale en 1928, alors que notre service avait suggéré l'exécution de la correction un peu moins importante A^M . La différence entre ces deux variantes est à vrai dire assez faible puisqu'elle ne représente que 1,3 million de francs. Le projet prévoit seulement un approfondissement du canal. Les deux berges existantes seraient donc conservées et l'on

se contenterait de les réparer et de les protéger contre l'érosion par des enrochements, là où ceux-ci font défaut.

La profondeur du canal est actuellement assez irrégulière ; les cantons prévoient de l'augmenter au maximum d'environ 3 m. Certains tronçons ne devraient pas être approfondis, mais seulement protégés contre l'érosion par une couche de chaille ou de gravier. Les dimensions du canal seraient supérieures à celles prévues pour les cours d'eau navigables à double voie.

Le coût des travaux est devisé à 13,6 millions de francs.

2. Le secteur en aval de Büren (voir fig. 9 à 11)

Le projet adopté par les cantons pour ce secteur correspond donc au plan d'aménagement des eaux Léman-Rhin établi dans cette région en se basant en partie sur les études préliminaires effectuées entre 1944 et 1948 par notre service et le canton de Soleure. Il prévoit l'approfondissement du lit de l'Aar entre Soleure et Willihof, localité située immédiatement à l'aval de l'embouchure de l'Emme, ce qui augmenterait dans une notable mesure la capacité d'écoulement de la rivière et abaisserait le niveau de l'eau jusqu'à Nidau. 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 au bord de la rivière à Soleure. Il serait donc nécessaire, en basses eaux, de relever le niveau de l'Aar. A cet effet, le projet conjugue l'aménagement de son cours entre Büren et Willihof avec la construction d'un barrage mobile avec usine électrique à proximité du 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. Suivant le projet en question, ils ne le seraient cependant pas suffisamment pour éviter tout débordement de l'Aar en période de hautes eaux ; c'est pourquoi il est prévu de construire, là où cela sera nécessaire, de petites digues le long de la rivière. D'autre part, les niveaux habituels de

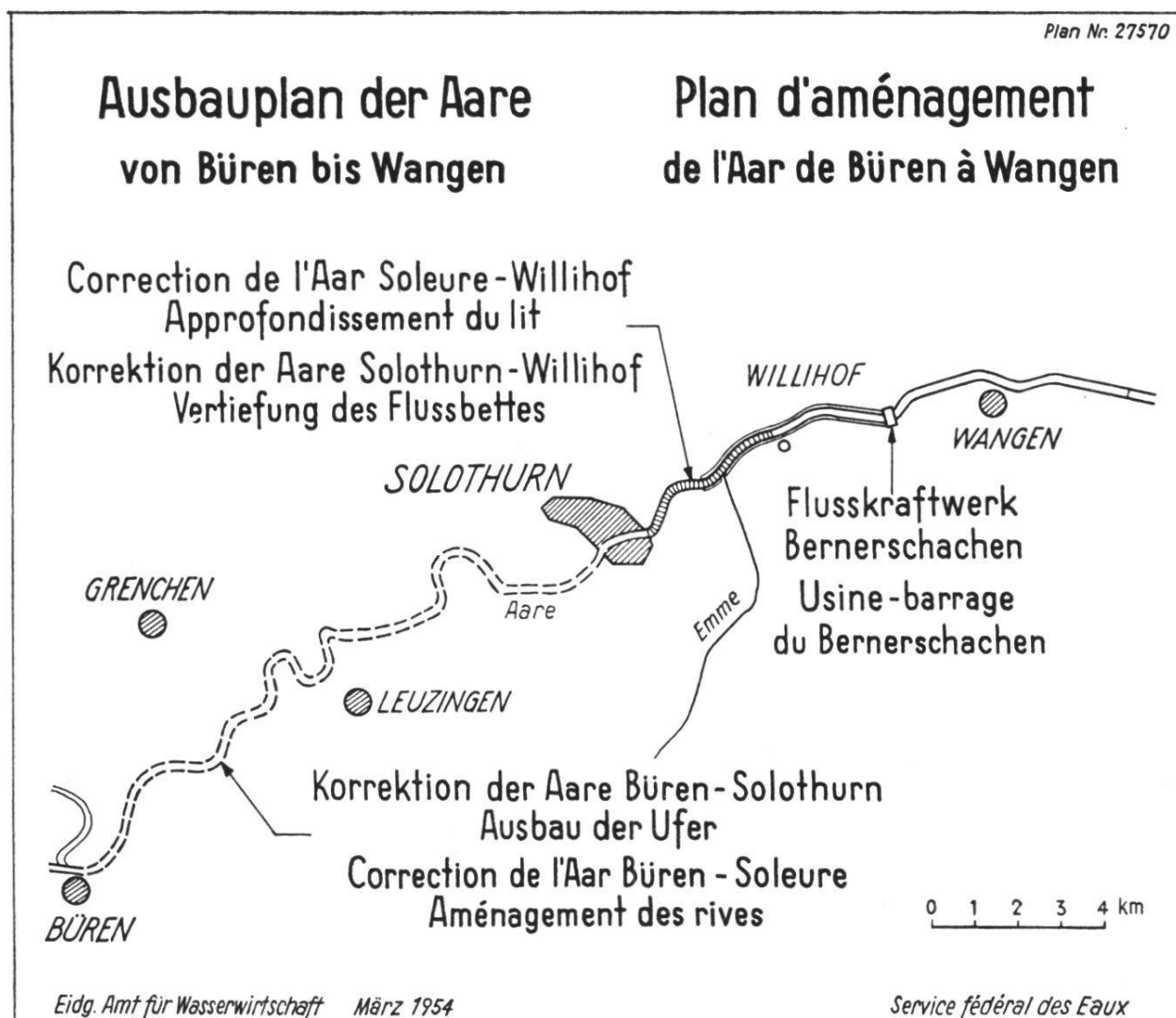
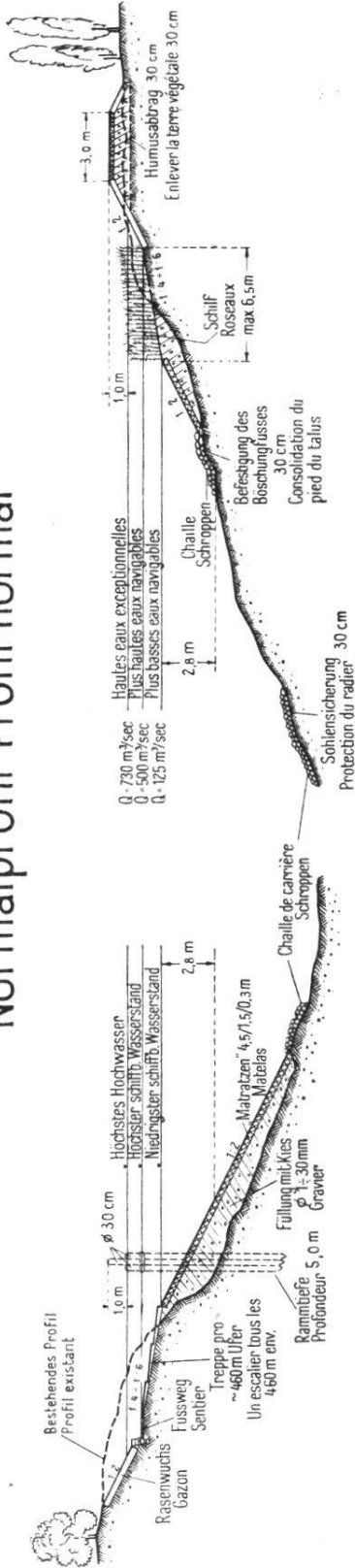


Fig. 9

l'Aar seront plus élevés qu'actuellement ; il faudra donc assurer le drainage des terrains avoisinants au moyen de stations de pompage. Les rives de l'Aar et plus particulièrement les berges abruptes situées du côté convexe des méandres, qui sont constamment érodées par l'eau, seraient aménagées de manière à résister à l'érosion. Le projet prévoit notamment de leur donner une pente plus faible et régulière jusqu'au fond de la rivière et de les recouvrir de matelas de moellons ou gabions dans leur partie située au-dessous du niveau d'étiage. Une couche de sable et gravier interposée entre le terrain naturel et le revêtement des talus jouerait le rôle de filtre en évitant un entraînement vers l'Aar des éléments fins du terrain. Des roseaux seraient plantés dans la partie située au-dessus du niveau des basses eaux. Enfin, là où le fond du lit est attaqué par l'érosion, il serait protégé par une couche de chaille.

Aare-Korrektion Büren-Solothurn Correction de l'Aar

Normalprofil Profil normal

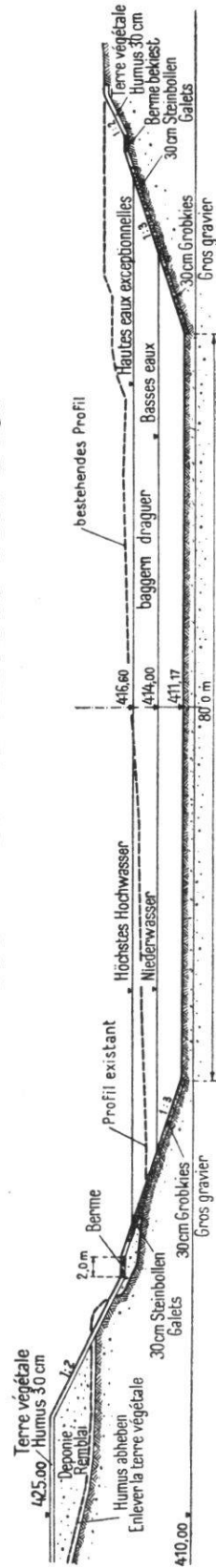


Flusskraftwerk Bernerschachen Usine-barrage

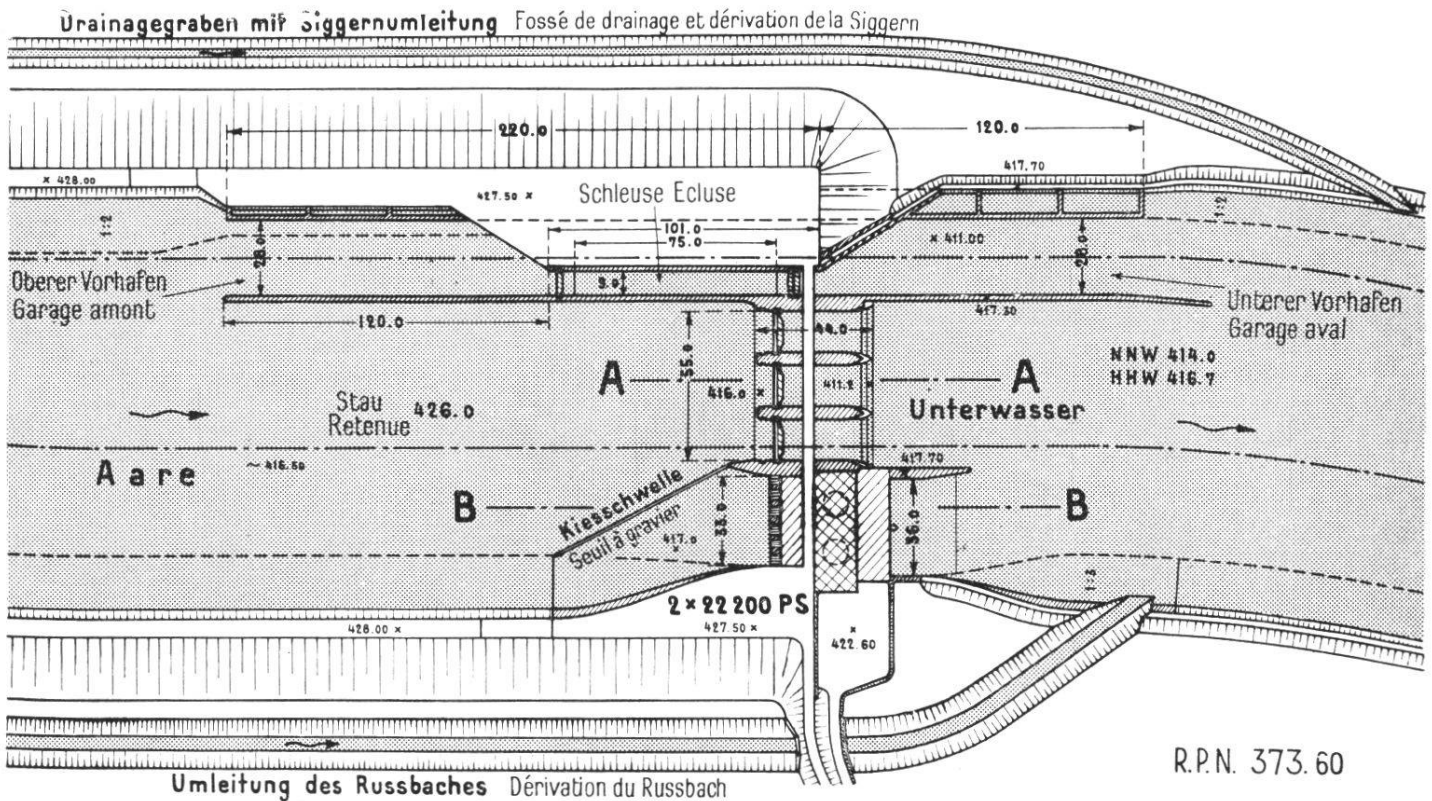
Oberwasser Profil km 218.256 Bief amont



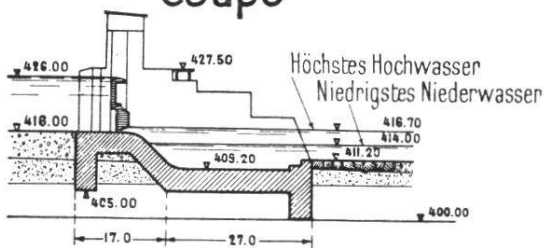
Unterwasser Profil km 220.785 Bief aval



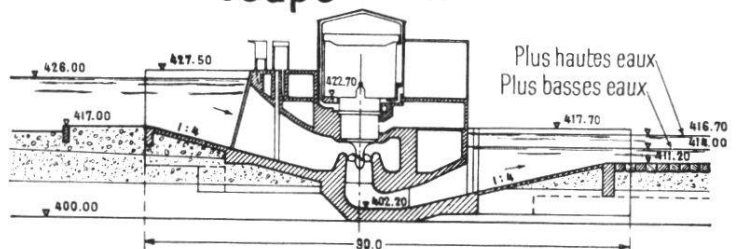
Flusskraftwerk Usine-barrage Bernerschachen Grundriss Situation



Schnitt
Coupe A-A



Schnitt
Coupe B-B



Le montant des travaux de correction — ou plus exactement de protection des rives — de la rivière entre Büren et Soleure est devisé à 14 millions de francs et celui des installations de pompage à 1,8 million. Quant aux travaux d'aménagement de l'Aar entre Soleure et Willihof qui seraient à la charge de la correction des eaux du Pied du Jura — il s'agit essentiellement de dragages et de déroctages à effectuer dans le lit de l'Aar —, ils sont devisés à 5,8 millions de francs. Le montant total des travaux à effectuer en aval de Büren au titre de la deuxième correction se monterait donc à 21,6 millions de francs.

C. Le mode d'exécution des travaux

La *première correction* des eaux du Jura représenta un volume de travaux considérable pour l'époque. L'exécution du seul canal de Hagneck nécessita par exemple l'excavation de 3 370 000 m³ de matériaux. Une grande partie des terrassements fut effectuée à la main et les transports à l'aide de wagons tirés par des locomotives à vapeur et roulant sur des voies Decauville. On sut toutefois tirer fortement parti des facteurs favorables. C'est ainsi que là où les travaux consistèrent à canaliser des cours d'eau existants, l'excavation fut exécutée au moyen de dragues et le transport des matériaux jusqu'aux décharges — ou aux lacs voisins où ils furent en grande partie immergés — assuré par des chalands remorqués par des bateaux à vapeur. C'est aussi surtout par eau que furent amenés à pied d'œuvre, à partir des carrières ouvertes dans les calcaires de la rive Nord-Ouest des lacs de Neuchâtel et de Bienne, les enrochements nécessaires à la protection des rives des canaux ou à la construction des môles qui terminent ces derniers dans les lacs. Une méthode de travail judicieuse permit même d'utiliser la force érosive de l'eau pour assurer l'excavation et le transport d'une grande partie des matériaux : près de 2 millions de m³ des déblais du canal de Hagneck — donc plus de la moitié du volume total indiqué ci-dessus — furent enlevés et transportés de cette manière extrêmement économique jusqu'au lac de Bienne où ils formèrent la première amorce du delta actuel de Hagneck.

Le procédé adopté pour réaliser cette « Abschwemmung » fut très ingénieux : on commença par creuser un étroit chenal dans l'axe du canal dans les tronçons rectilignes et le long de la rive future,

du côté concave, dans les tronçons incurvés. En même temps, on aménagea les deux talus du canal définitif et leur protection dans deux autres tranchées. Ces préparatifs terminés, on put commencer à détourner une partie des eaux de l'Aar dans le chenal provisoire, à partir d'Aarberg. Les talus définitifs exécutés à l'avance limitaient l'action latérale de l'érosion aux terrains compris dans le profil à débayer. Dans le secteur aval, où la pente était relativement grande, il fallut construire quelques seuils de fond afin d'éviter une érosion du plafond du canal au-dessous de la cote prévue.

On utilisa aussi ce procédé pour certains tronçons du canal de Nidau à Büren. Le succès fut cependant moins complet, les terrains entraînés se déposant souvent un peu plus à l'aval, sous forme d'atterrissements, dans les sections à faible vitesse.

L'organisation adoptée pour réaliser les travaux de correction est aussi intéressante à noter : ils furent réalisés en deux lots complètement indépendants :

- a) les canaux de Hagneck et de Nidau à Büren, par le canton de Berne ;
- b) les canaux de la Broye et de la Thielle, par les trois cantons supérieurs.

Chacune de ces deux entreprises acquit le gros outillage nécessaire : dragues, bateaux, grues, locomotives, etc., et effectua les principaux travaux de correction proprement dits en régie directe. L'exécution de ceux-ci par des entreprises privées aurait été difficile car il n'existait alors pas d'entreprises suisses disposant de l'outillage nécessaire. En outre, le programme et la difficulté de ces travaux pouvaient être fortement influencés par des conditions particulières d'une importance difficile à estimer à l'avance : nécessité de maintenir la navigation existante, crues, etc. On confia, par contre, à des entreprises privées la plupart des travaux ne présentant pas ces aléas.

La *nouvelle correction* prévue par les cantons représente, elle aussi, un volume considérable de travaux. C'est ainsi que l'avant-métré comporte, par exemple, les postes suivants :

	en amont de Büren	en aval de Büren
Excavations de toute nature	4 150 000 m ³	820 000 m ³
Enrochements	150 000 »	100 000 »
Gravier et chaille	210 000 »	330 000 »

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.

Lors des études qu'il a effectuées entre 1944 et 1950 pour le secteur en amont de Büren, notre service s'est assuré le concours de deux entreprises particulièrement qualifiées pour examiner cette question. Bien que cet examen ne concerne qu'une partie des nouveaux travaux prévus, nous en résumons les résultats ci-dessous ; d'ailleurs, les prix unitaires ainsi obtenus ont aussi servi de base pour la majeure partie des travaux prévus en aval de Büren, la plupart de ceux-ci étant de nature analogue.

Voici donc les résultats auxquels a conduit l'examen en question, effectué en tenant compte des procédés les plus modernes :

Il conviendrait d'exécuter les corrections des trois canaux successivement et non pas simultanément, en raison de l'importance du gros outillage exigé par le cube considérable des excavations. Les devis ont donc été calculés pour une durée totale des travaux d'une douzaine d'années.

Les déblais seraient transportés par bateaux à clapets automoteurs jusque dans les lacs où ils seraient immergés. Quant au transport des enrochements, des carrières aux lieux d'emploi, il aurait lieu également par eau au moyen de chalands automoteurs. Les déblais utilisés sur terre ferme pour remblayer des dépressions ou pour profiler les talus, en aval de Büren notamment, seraient aussi transportés par eau jusqu'à la rive, au droit du lieu d'emploi, puis répartis au moyen de véhicules sur pneus, automoteurs ou remorqués. Plus aucun transport n'aurait donc lieu par voie ferrée. Un bulldozer décaperait la terre végétale, puis en assurerait l'épandage en fin de travaux. En certains endroits, comme le long du canal de la Broye par exemple, où les déblais sont constitués essentiellement par des terrains sableux, il est possible que le remblayage hydraulique constitue une solution plus rationnelle encore ; par prudence, les devis ne tiennent pas compte de cette éventualité.

Les excavations, tant sous l'eau que sur l'eau, seraient exécutées à l'aide de dragues flottantes, à l'exclusion d'une petite partie des berges supérieures qui serait creusée au moyen d'un excavateur à

chenilles, les matériaux étant déposés ensuite dans le champ d'action des dragues. Quant aux excavations dans la moraine très compacte du canal de Nidau à Büren, les entreprises consultées envisagent, afin de permettre l'emploi de dragues normales, de disloquer au préalable le terrain au moyen de charges d'explosifs placées dans des tubes à gaz battus à intervalles appropriés.

Vu la distance considérable qui sépare les extrémités des canaux de la Broye et de Nidau à Büren, la pierre nécessaire aux enrochements devrait être extraite si possible en plusieurs points afin de réduire le coût des transports. D'autre part, les frais d'installation des carrières étant très élevés, il conviendrait de limiter leur nombre. Après avoir comparé au point de vue économique les diverses solutions et tenu compte des possibilités techniques et pétrographiques de la région — ces dernières ayant été explorées par un géologue spécialisé —, l'entreprise consultée proposa d'utiliser deux carrières existantes. L'une est à Concise au bord immédiat du lac de Neuchâtel, au lieu dit La Lance ; elle fut déjà exploitée par les Romains ; elle satisfait à toutes les conditions désirées, tant en ce qui concerne la qualité de la pierre (un calcaire urgonien) et sa quantité, que les accès et commodités d'exploitation. L'autre est située au-dessus de La Neuveville, à une altitude de près de 200 m supérieure au niveau du lac de Bienne ; elle présente des conditions satisfaisantes (calcaire portlandien) bien que moins favorables qu'à La Lance. Du reste, elle pourrait être éventuellement remplacée par une carrière à ouvrir à Wingreis, quelques kilomètres plus à l'Est, dans des calcaires portlandiens également. Le projet prévoit qu'en principe le canal de Nidau à Büren serait alimenté par la carrière de La Neuveville et les canaux de la Broye et de la Thielle par celle de Concise. En même temps que la pierre pour les enrochements, ces carrières fourniraient la « chaille » nécessaire pour la protection du lit contre l'érosion, là où ce genre de protection est prévu.

Il est évident que les travaux en aval de Büren pourraient être exécutés en même temps que ceux du secteur amont. Les matériaux nécessaires pour profiler les talus prévus entre Büren et Soleure seraient d'ailleurs fournis par les excavations effectuées dans le canal de Nidau à Büren. Quant à la mise en place des gabions destinés à protéger ces talus, elle aurait lieu au moyen d'une grue montée sur une portière volante.

Lacs du Pied du Jura

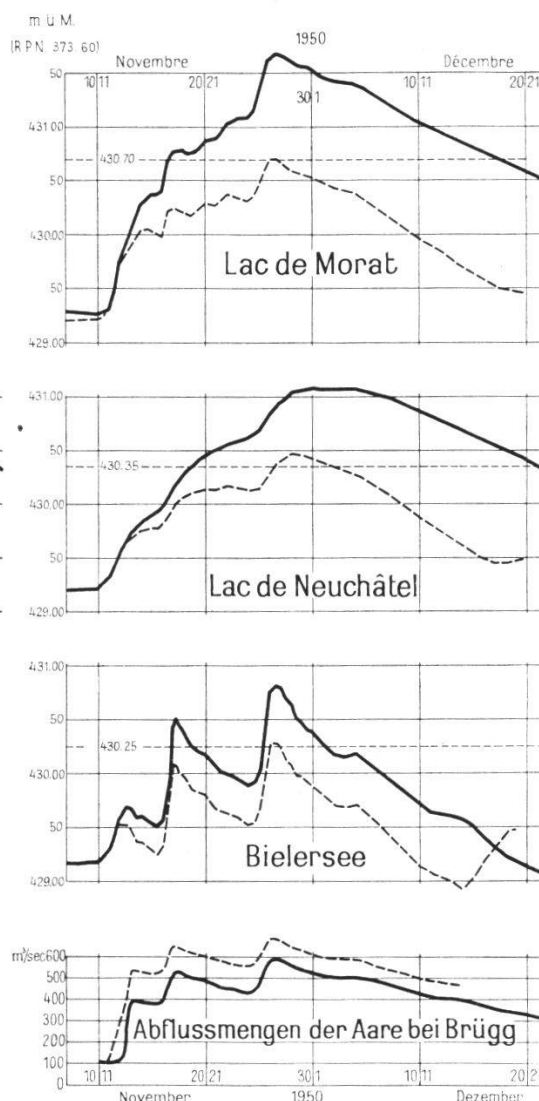
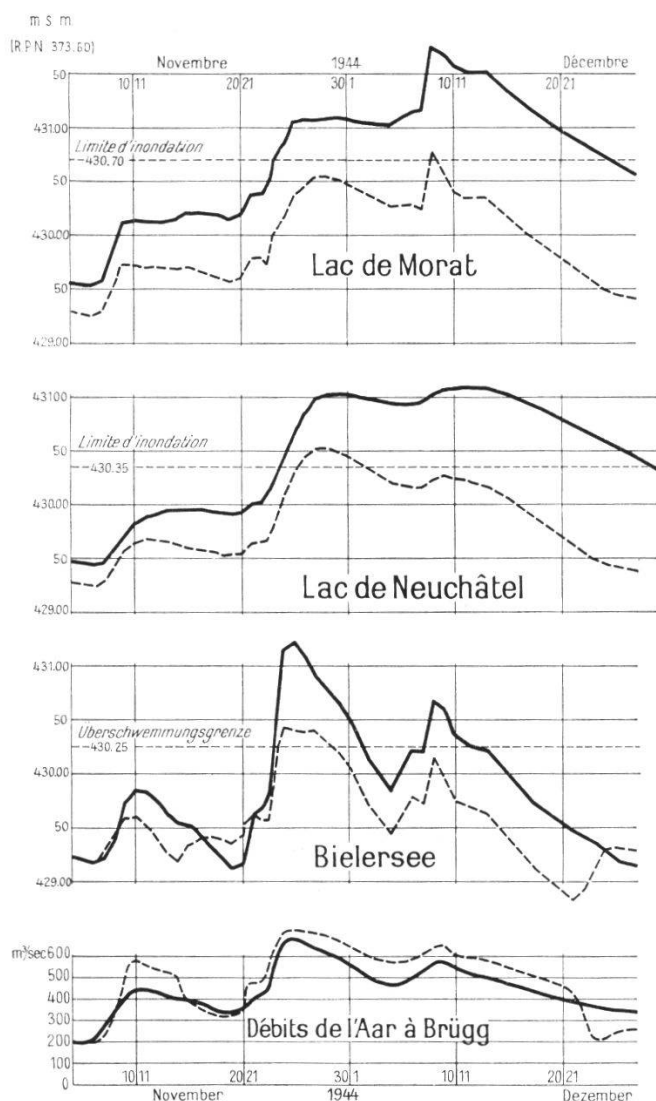
Jurarandseen

Effet de la correction sur les niveaux de crue des lacs et les débits de l'Aar à Brugg

Wirkung der Korrektur auf die Hochwasserstände der Seen und die Abflussmengen der Aare in Brugg

Hautes eaux 1944

Hochwasser 1950



- Etat non corrigé: Niveaux et débits qui auraient été atteints dans l'état des canaux en 1944 si le lac de la Gruyère avait déjà existé et si le débit de l'Aar avait été réglé au barrage de Nidau selon le règlement normalement en vigueur (Règl. 1917/41)
- - - Etat corrigé: Niveaux et débits qui auraient été atteints si la correction proposée par les cantons (B*Z**A*) avait déjà été exécutée et si le lac de la Gruyère avait déjà existé
- Unkorrigierter Zustand: Seestände und Abflussmengen, die beim Zustand 1944 der Kanäle eingetreten wären, wenn der Stausee Rossens bestanden hätte, und wenn der Abfluss der Aare am Wehr Nidau nach dem normalerweise in Kraft befindlichen Reglement (Reglement 1917/41) reguliert worden wäre
- - - Korrigierter Zustand: Seestände und Abflussmengen, die eingetreten wären, wenn die von den Kantonen vorgeschlagene Korrektur (B*Z**A*) schon durchgeführt worden wäre, und wenn der Stausee Rossens bestanden hätte

- Etat non corrigé: Niveaux et débits effectivement atteints
- - - Etat corrigé: Niveaux et débits qui auraient été atteints si la correction proposée par les cantons (B*Z**A*) avait déjà été exécutée
- Unkorrigierter Zustand: Tatsächlich eingetretene Seestände und Abflussmengen
- - - Korrigierter Zustand: Seestände und Abflussmengen, die eingetreten wären, wenn die von den Kantonen vorgeschlagene Korrektur (B*Z**A*) schon durchgeführt worden wäre.

Les diagrammes des niveaux ont été dessinés en reliant entre elles les valeurs calculées ou observées à 0^h ou 12^h

Die Seestandskurven stellen die Verbindungslinien der beobachteten oder berechneten Werte um 0^h oder 12^h dar

D. Les effets de la nouvelle correction proposée

1. L'abaissement des niveaux de crues et son importance pour l'agriculture (voir fig. 12 et 13)

Un premier examen a montré que la correction proposée par les cantons aurait permis d'éviter toutes les inondations qui se sont produites depuis la fin des travaux de la première correction en 1891, sauf celles de 1944 et 1950. Notre service a donc pu se borner à calculer les niveaux que les lacs du Pied du Jura auraient atteints lors de ces crues si la correction avait déjà été exécutée. Les calculs pour la crue de 1944 ont été faits en tenant compte de l'influence qu'aurait eue la retenue de l'usine de Rossens-Hauterive sur les débits de la Sarine si elle avait déjà existé à ce moment-là. D'autre part, comme il était désirable de pouvoir comparer les deux crues de 1944 et 1950 entre elles, nous avons admis comme terme de comparaison pour celle de 1944, non pas les niveaux effectivement observés cette année-là, mais ceux qui auraient été atteints — dans l'état actuel des canaux — si, dans ce cas aussi, le lac de la Gruyère avait déjà existé et si le débit de l'Aar au barrage de Nidau avait été réglé d'après le règlement normalement en vigueur.

Dans la fig. 12 nous avons représenté
— d'une part, l'évolution des niveaux des trois lacs et du débit de l'Aar à la sortie du lac de Bienne pendant la crue de 1950 ainsi que celle des niveaux et des débits qui auraient été atteints en 1944 dans les hypothèses ci-dessus et dans l'état actuel des canaux,
— d'autre part, les variations des niveaux et des débits correspondants, au cas où la correction proposée aurait été déjà exécutée.

Le tableau ci-après donne les niveaux maxima qui auraient été atteints (valeurs calculées ou observées à midi ou à minuit).

Niveaux des lacs en m s. m. :

Crues de :	Lac de Morat		Lac de Neuchâtel		Lac de Bienne	
	1944	1950	1944	1950	1944	1950
Etat non corrigé	431.75	431.68	431.09	431.09	431.22	430.81
Etat corrigé	430.75	430.71	430.52	430.47	430.43	430.28
Réduction en m.	1.00	0.97	0.57	0.62	0.79	0.53

Les cotes limites à partir desquelles des dégâts se produisent dans la région des lacs — cotes déterminées en 1928 par la commission technique intercantonale mentionnée plus haut — étant de :

430,70 m pour le lac de Morat,

430,35 m pour celui de Neuchâtel et

430,25 m pour celui de Bienne,

on voit que les dépassements de ces niveaux auraient été réduits de 105 à 5 cm en 1944 et de 98 à 1 cm seulement en 1950 pour le lac de Morat,

de 74 à 17 cm en 1944 et de 74 à 12 cm en 1950 pour le lac de Neuchâtel,

de 97 à 18 cm en 1944 et de 56 à 3 cm en 1950 pour le lac de Bienne.

La correction envisagée par les cantons n'aurait donc pas permis d'éviter complètement les inondations des automnes 1944 et 1950. Elle aurait cependant réduit considérablement leur ampleur.

On se rend d'ailleurs mieux compte de l'effet de la correction si l'on considère non plus seulement la réduction des niveaux maxima atteints par les lacs dans les hypothèses considérées, mais celle des surfaces inondées. Ces dernières sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Surfaces inondées en hectares :

Crues de :	Lac de Morat		Lac de Neuchâtel		Lac de Bienne		Total	
	1944	1950	1944	1950	1944	1950	1944	1950
Etat non cor.	1475	1320	735	726	615	280	2825	2326
Etat corrigé	20	10	110	90	70	15	200	115

Ainsi, en 1944 comme en 1950, la surface inondée dans la région des lacs n'aurait atteint qu'une fraction minime (7,1 %, respectivement 4,9 %) de celle correspondant à l'état actuel.

Plus encore que cette réduction des surfaces inondées, celle des dommages causés aux cultures met en évidence l'efficacité de la nouvelle correction proposée. En effet, les dommages aux cultures dépendent non seulement des niveaux des lacs, mais aussi de la durée des inondations ; or, celle-ci se trouverait considérablement réduite par la correction. A titre d'exemple, nous avons calculé quels auraient été les dommages causés lors des inondations de 1944 et 1950 aux

cultures de seigle d'automne. Pour ce faire, et s'inspirant d'une expertise demandée par notre service à l'Union suisse des paysans à Brougg, nous avons admis que la surface ensemencée en cette céréale était égale au 10 % des surfaces inondées, que le rapport brut par hectare était normalement de 1000 fr. et que les dommages atteignent 10 % de ce rapport lorsque la durée de l'inondation est inférieure ou égale à deux jours, 30 % lorsqu'elle atteint trois à cinq jours et 80 % quand elle dépasse cinq jours. Les chiffres auxquels nous sommes parvenus sont les suivants :

Dommages aux cultures de seigle d'automne, en francs :

Crues de :	Lac de Morat		Lac de Neuchâtel		Lac de Bienne		Total	
	1944	1950	1944	1950	1944	1950	1944	1950
Etat non cor.	81 000	75 800	52 250	57 400	25 950	6 100	159 200	139 300
Etat corrigé	200	100	4 150	2 000	1 600	150	5 950	2 250

En 1944, les dommages causés aux cultures de seigle d'automne n'auraient donc atteint, si les canaux avaient été déjà corrigés comme les cantons le proposent, que le 3,7 % des dégâts que les inondations auraient causés dans l'état actuel des canaux. Pour les inondations de 1950, le chiffre correspondant est de 1,6 %.

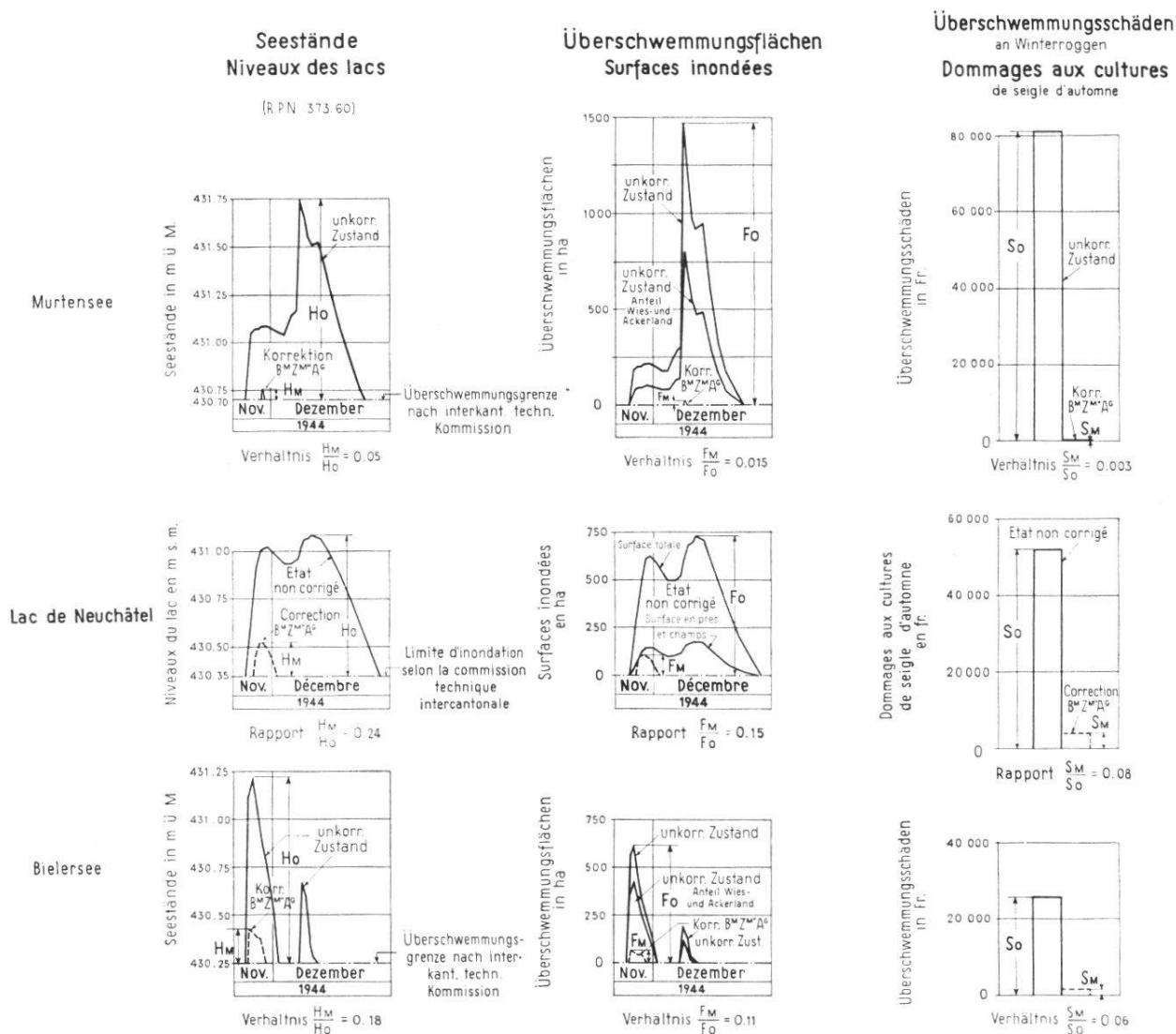
Comme nous venons d'y faire allusion, notre service a demandé à l'Union suisse des paysans à Brougg une expertise au sujet des avantages que l'agriculture retirerait de l'exécution de la correction envisagée. De l'étude minutieuse à laquelle a procédé l'office d'estimation de l'Union, il résulte qu'actuellement déjà, tous les terrains cultivables sont utilisés au maximum, sans égard au danger d'inondation. Le profit que l'agriculture retirerait de la suppression complète des inondations se limiterait donc à la suppression des dommages qui se produisent par intermittence lors des grandes crues.

2. Les travaux proposés et la navigation

Actuellement, la navigation à l'entrée des canaux de la Broye et de la Thielle est entravée dès que le niveau du lac de Neuchâtel descend au-dessous de la cote 429 environ. En outre, en périodes de très hautes eaux, nombre de débarcadères situés sur les rives des

Effets de la correction sur les dommages dûs 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 1917/41

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	est	inférieure	à	3	à 5 jours
80%	du	rendement	brut	lorsque	la	durée	de	l'inondation	est	inférieure	à	6	jours ou plus

lacs ne peuvent être utilisés. En abaissant le plafond des canaux et les niveaux de crue, la nouvelle correction faciliterait beaucoup la navigation existante.

Mais c'est surtout pour la future navigation fluviale que les travaux envisagés seraient utiles. Voici en effet, les conditions dans lesquelles elle aurait lieu entre Yverdon et Wangen, une fois ces travaux effectués.

L'étude des conditions de navigabilité sur les lacs du Pied du Jura, à laquelle a procédé récemment l'Association suisse pour la navigation du Rhône au Rhin, a montré qu'on pourra renoncer à l'aménagement de ports-refuges sur le lac de Neuchâtel, à la condition que l'Observatoire de ce canton organise un service météorologique d'alerte. Quant au lac de Bienne, il offre suffisamment d'abris contre les grosses vagues dans les baies naturelles existant à ses extrémités. Par contre, il serait utile de créer un abri à l'entrée du canal de la Thielle, à la Tène, où la rive gauche du canal pourrait être élargie et pourvue d'une estacade avec passerelles et dispositifs d'amarrage.

En ce qui concerne le canal de la Broye, nous avons déjà vu que le profil en travers de la correction moyenne retenue par les cantons correspond précisément aux normes établies pour la navigation fluviale au moyen de chalands automoteurs d'une capacité de 900 tonnes. Pour le canal de la Thielle, le profil de correction ($Z^{M''}$) finalement adopté est même sensiblement plus grand que celui fixé par les normes.

La section transversale retenue pour le canal de Nidau à Büren satisfait aussi à ces dernières. Il en est de même pour l'Aar en aval de Büren, sauf à certains endroits, où il faudrait draguer le fond, et dans le coude brusque d'Altreu où l'on devrait entailler la rive droite pour augmenter son rayon de courbure. Au reste, la navigation suivrait le thalweg naturel qui présente encore une largeur de 60 m à l'endroit le plus étroit.

L'adaptation des ponts aux exigences de la navigation future causerait par contre des dépenses importantes car la plupart d'entre eux sont trop bas ou ne présentent pas des passes suffisamment larges. De même, l'écluse actuelle du barrage de Nidau devrait être prolongée. L'exécution de ces derniers travaux pouvant être différée sans inconvénient jusqu'au moment où l'aménagement de la voie navigable dans cette région aura été décidé, leur coût ne figure pas

dans les devis indiqués. Par contre, il est évident que les travaux de modification ou de reconstruction des ponts nécessaires au maintien des conditions de passage telles qu'elles existent actuellement sont à la charge de la correction ; les frais correspondants sont donc compris dans les devis mentionnés plus haut.

3. Les travaux proposés et le climat

On a craint dans certains milieux — et cela se comprend lorsqu'on pense à l'influence qu'exerce le climat, notamment la température, sur la végétation et en particulier la vigne et sa production — que les travaux envisagés pourraient avoir une influence défavorable sur les vignobles riverains.

Ces craintes ne sont heureusement pas fondées. En effet M. Spinner, ancien professeur de botanique à l'Université de Neuchâtel, a déjà démontré que, contrairement à une opinion fort répandue pendant longtemps, la première correction des eaux du Jura n'avait pas eu d'influence sur le climat et par conséquent sur la végétation des rives du lac de Neuchâtel. Or, si les observations thermométriques effectuées à l'Observatoire de Neuchâtel entre 1864 — début des observations — et 1877 — année au cours de laquelle les niveaux du lac commencèrent à être abaissés — accusèrent des températures supérieures à la moyenne des années ultérieures, ce phénomène n'a pas été particulier à la région de Neuchâtel, mais a intéressé de nombreuses autres stations suisses. La première correction des eaux du Jura ne saurait donc être mise en cause pour expliquer cet abaissement de la température qui affecta une très vaste région. D'autres causes, d'ailleurs, s'ajoutèrent à celle-ci pour provoquer la crise que subirent alors les vigneron. Ce furent, par exemple, l'apparition et le développement du phylloxéra ainsi que l'importation massive de vins étrangers.

N'oublions pas en outre que cette première correction a provoqué un abaissement définitif de plusieurs mètres du niveau des lacs, alors que la régularisation envisagée actuellement ne ferait que diminuer les niveaux maxima sans modifier sensiblement les niveaux habituels. Dans ces conditions, il est évident que les nouveaux travaux ne sauraient avoir une influence quelconque sur le climat et par conséquent sur les vignobles riverains.

D'autre part, on a dit que les refoulements de la Thielle seraient aussi défavorables au climat car il en résulterait un déplacement d'eaux relativement froides du lac de Bienne dans celles plus chaudes du lac de Neuchâtel. A ce propos aussi, des études systématiques ont montré que tel n'était pas le cas. En effet, M. Quartier, inspecteur de la pêche du canton de Neuchâtel, a effectué pendant plusieurs années des mesures thermiques dans les lacs de Bienne et de Neuchâtel ainsi que dans la Thielle. En aucun cas, M. Quartier n'a constaté une baisse de température brusque de la Thielle lorsqu'elle reflue. Ces observations ont permis d'ailleurs à M. Quartier de reconnaître que, comme l'avait déjà montré Forel pour le lac Léman, celui de Bienne est plutôt réchauffé par ses affluents, l'Aar en particulier. Les apports au lac de Bienne étant beaucoup plus grands que ceux au lac de Neuchâtel alors que son volume est au contraire beaucoup plus faible, sa température moyenne est en général plus élevée.

Voici les conclusions de l'article qu'a publié M. Quartier à ce sujet sous le titre « Quelques points nouveaux concernant l'étude des lacs » dans le *Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie* de l'année 1947 : « Sauf en hiver, le lac de Bienne est généralement plus chaud que le lac de Neuchâtel. En réalité, les refoulements de la Thielle réchauffent donc plutôt le lac de Neuchâtel qu'ils ne le refroidissent ; par conséquent, si les faibles quantités de chaleur amenées peuvent avoir un effet sur le climat, il ne peut être que favorable et la vigne ne pourrait que gagner à ce régime ».

4. Les travaux proposés et la pêche

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 basses eaux affectèrent gravement les espèces frayant sur les rives. Il en résulta un bouleversement de l'équilibre biologique. 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, sans toutefois retrouver des conditions aussi favorables qu'auparavant. C'est ainsi par exemple que les hautes eaux de l'été ne sont d'aucune utilité

pour le brochet. En effet, cette espèce fraie normalement en mars-avril ; elle était donc parfaitement adaptée à l'ancien régime des lacs alors qu'elle l'est beaucoup moins au régime actuel.

La nouvelle correction aura 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.

Bon an mal an, la valeur des poissons capturés dans le seul lac de Neuchâtel est de l'ordre de grandeur d'un million de francs et actuellement encore, sans parler des innombrables pêcheurs non professionnels, près de 200 familles vivent en grande partie de la pêche. Même considéré sous son seul aspect économique, il s'agit donc là d'un facteur non négligeable ; il va de soi que ses intérêts devront être pris en considération lorsqu'il s'agira d'établir le règlement de manœuvre du barrage de Nidau pour le nouvel état corrigé.

Signalons encore qu'on a constaté que les années au cours desquelles la Thielle refoulait beaucoup étaient en général défavorables pour la pêche. Y a-t-il là une relation de cause à effet ? La réponse à cette question n'est pas sans intérêt puisque, suivant le règlement de barrage qui sera adopté une fois les travaux terminés, des refoulements pourront encore se produire par l'intermédiaire du canal agrandi de la Thielle. M. Quartier, qui a étudié aussi cette question, est arrivé à la conclusion qu'il n'existe qu'une relation indirecte entre ces deux phénomènes. En effet, au cours des années sèches, les affluents du lac de Neuchâtel ont des débits très faibles et n'apportent que peu de nourriture et d'oxygène dans le lac, ce dont souffrent les poissons et par suite la pêche. Or, c'est précisément durant ces années-là que l'Aar — de régime alpin — accuse de forts débits. A l'inverse du lac de Neuchâtel, auquel l'évaporation alors considérable enlève encore de l'eau, le lac de Bienne accuse des niveaux élevés et la Thielle refoule beaucoup. Tout en ayant lieu simultanément car ils sont dus à la même cause — les étés beaux et secs —, mauvaises pêches et refoulements de la Thielle sont donc indépendants les uns des autres.

5. Les travaux proposés et la production d'énergie électrique

Comme nous l'avons déjà relevé, l'utilisation des forces hydrauliques de l'Aar était pratiquement inexistante au siècle dernier. Aujourd'hui, dix usines importantes produisant environ 1500 millions de kWh par année s'échelonnent entre le lac de Bienne et le confluent de l'Aar et du Rhin. Or il est évident que cette production — et en particulier sa répartition au cours de l'année — dépend en partie de la hauteur de la tranche d'eau utilisable accumulée dans les lacs du Pied du Jura, comme de la manière dont cette tranche est exploitée. Cette manière dépend à son tour de la capacité des canaux servant d'émissaires aux lacs et surtout du règlement prescrivant les manœuvres à effectuer au barrage de Nidau.

C'est ainsi qu'à partir de 1917 — on se trouvait alors en pleine guerre mondiale et par conséquent en pleine pénurie de combustibles — on remplaça le règlement primitif assez imprécis établi en 1888, donc avant la construction des usines, par un nouveau règlement favorisant la production d'énergie. Puis, durant la deuxième guerre mondiale, on mit les lacs encore davantage à contribution en faveur de cette production.

Il est peu probable que les travaux proposés permettront d'augmenter à nouveau la production des usines. Le fait que les eaux de crue seront évacuées plus rapidement qu'auparavant devrait au contraire conduire à une réduction des possibilités de production. Les conditions futures dépendront pour une bonne part du règlement de barrage qui sera appliqué.

Par ailleurs, il est certain que l'interconnexion des réseaux de transport d'énergie électrique et l'amélioration des débits d'étiage due à la construction de bassins d'accumulation en amont des lacs réduisent l'importance de l'action compensatrice de ces derniers. Il n'en reste pas moins que cette action reste intéressante, surtout comme ultime réserve à la fin des hivers très secs.

La seule présence d'un règlement précis et univoque constitue aussi un avantage par rapport à la situation antérieure à 1917. Enfin, il ne fait aucun doute que l'application d'un règlement de barrage qui tend à régulariser les débits de l'émissaire des lacs plutôt qu'à maintenir les niveaux de ces derniers au voisinage des cotes

optima pour les riverains, a impliqué et implique encore une certaine augmentation du danger d'inondation.

Dans ces conditions, on doit espérer que les usines tiendront à collaborer financièrement à la réalisation de cette œuvre d'utilité publique que sera la nouvelle correction des eaux du Pied du Jura, ne serait-ce qu'en considération des avantages considérables que leur a valus la régularisation effectuée pendant plusieurs décennies, spécialement au cours des deux guerres mondiales et des années qui les suivirent.

IV. La situation à fin 1953

Même en admettant que la nouvelle correction prenne entièrement à sa charge certains travaux nécessités aussi bien par la mise en valeur de la force hydraulique de l'Aar que par la suppression des inondations, le prix de revient de l'énergie produite dans la nouvelle usine projetée du Bernerschachen sera relativement élevé. De plus, sa réalisation implique la démolition de l'usine existante de Bannwil qui, fortement amortie, produit de l'énergie à un prix intéressant. On peut donc craindre que l'usine en question ne soit pas construite très prochainement. Or le barrage qui en fait partie intégrante constitue un élément important du projet de correction puisqu'il doit permettre de maintenir l'Aar à un niveau suffisant dans la région de Soleure en eaux basses ou moyennes. Il faut donc revoir le projet de correction et, ou prévoir la construction d'un barrage spécial provisoire, ou renoncer aux approfondissements prévus du lit, ce qui rendrait nécessaire la construction de digues plus importantes. De même, il faut reconsidérer les dispositions prévues au projet pour assurer le drainage et l'évacuation des eaux des plaines riveraines en aval de Büren.

D'un autre côté, le projet de nouvelle correction prévoit l'exécution de travaux comme l'adaptation à la future navigation fluviale de certains ouvrages — les rives de l'Aar en aval de Büren et 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 très élevé des travaux prévus, il est indiqué de renvoyer à plus tard l'exécution de tout ce qui n'est pas indispensable dès le début.

Actuellement, les organes techniques des cantons intéressés et les services fédéraux compétents revoient donc le projet en tenant compte de ces aspects du problème.

Notons pour être complets qu'on a suggéré récemment deux moyens d'un ordre tout différent pour améliorer la situation. L'un consisterait dans une sorte de mise à ban de toute la région susceptible d'être inondée, en ce sens qu'il serait recommandé de ne pas y édifier de nouvelles constructions. L'autre consisterait à créer un fonds d'indemnisation qui — comme son nom l'indique — servirait à dédommager les riverains des pertes qu'ils subissent en cas de hautes eaux. Il est évident que ces deux mesures — la première surtout — ne constitueraient que des pis-aller et que leur mise en pratique ne saurait être envisagée qu'à titre provisoire, en attendant que les travaux de correction puissent être réalisés.

V. Conclusion

Quelles que soient les économies qui pourront être apportées au projet actuel, sa réalisation nécessitera plusieurs dizaines de millions de francs. Mais les récentes inondations de 1944 et 1950, au cours desquelles plus de 30 km² de terrains cultivés ont été submergés, comme les dégâts subis alors par l'agriculture et de très nombreux immeubles et ouvrages d'art ont montré combien il serait désirable d'améliorer la situation par de nouveaux travaux. D'ailleurs, vu le développement incessant des régions susceptibles d'être inondées, vu aussi l'érection de nouvelles constructions au bord des lacs ainsi que l'abaissement non encore stabilisé définitivement des terrains tourbeux assainis depuis la première correction, les dommages causés lors de chaque nouvelle inondation augmentent pour de mêmes niveaux maxima et une même durée d'inondation.

Les projets actuels, établis en cherchant à obtenir l'efficacité maximum pour le prix minimum, sont notablement moins onéreux que les précédents si l'on tient compte du renchérissement survenu depuis lors. Il ne faut pas oublier aussi que, dans ce genre de travaux, il est de règle que ceux effectués après une première correction soient — relativement parlant — plus onéreux que les premiers. En effet, on peut souvent améliorer fortement la situation dans une première

étape en supprimant par exemple des seuils ou des étranglements locaux réduisant fortement la capacité d'écoulement du lit d'un cours d'eau, alors que pour augmenter à nouveau cette dernière, il faut procéder à des corrections beaucoup plus étendues. C'est le cas en particulier pour les lacs subjurassiens, étant donné la pente extrêmement faible des cours d'eau dans cette région.

En conclusion, on est en droit de souhaiter que les efforts faits actuellement en vue de préparer la réalisation de la nouvelle correction soient couronnés de succès et que cette grande œuvre que constitue la deuxième correction des eaux du Pied du Jura puisse être réalisée dans un avenir pas trop éloigné.

DEUXIÈME PARTIE

Le plan d'aménagement des forces hydrauliques du bassin de la Sarine

Comme nous l'avons déjà signalé dans le préambule, l'étude des projets en vue d'améliorer la situation dans la région des lacs du Pied du Jura a conduit notre service à établir également un plan d'aménagement des forces hydrauliques du bassin versant qui les alimente, en particulier de celles de la Sarine. Avant de donner les caractéristiques des nouvelles usines envisagées à cette occasion, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt de rappeler succinctement les rapports existant entre ces deux questions.

I. Les méthodes permettant d'éviter les débordements d'un lac et leur application à ceux du Pied du Jura

La solution proposée pour éviter de nouvelles inondations le long des rives des lacs subjurassiens consiste essentiellement à augmenter la capacité de leurs émissaires. Le coût de ces travaux et de ceux qui en découlent représentant une somme considérable, il a été nécessaire d'examiner aussi d'une manière systématique s'il n'était pas possible d'obtenir à meilleur compte les résultats escomptés en recourant à un ou plusieurs principes différents.

En effet, la suppression ou tout au moins la réduction des

inondations dues au débordement d'un lac peut être obtenue en appliquant, indépendamment l'une de l'autre ou conjointement, les méthodes suivantes :

- 1^o augmentation du volume de réserve disponible dans le lac lui-même, notamment par abaissement de ses niveaux habituels ;
- 2^o augmentation de la capacité de l'émissaire du lac, de manière qu'il puisse évacuer plus rapidement les eaux parvenant à ce dernier ;
- 3^o réduction des apports au lac par dérivation d'une partie de ceux-ci vers un autre bassin hydrographique, le cas échéant seulement pendant les crues ;
- 4^o réduction des apports au lac en période de hautes eaux par rétention dans des réservoirs appropriés (réservoirs de retardement).

Examinons rapidement, du point de vue hydraulique avant tout, les avantages et inconvénients de chacune de ces méthodes comme la possibilité de les appliquer dans le cas des lacs subjurassiens.

1. Il est évident que les niveaux d'un lac seront d'autant moins élevés en période de crue qu'ils auront été plus bas au début des hautes eaux. Une première méthode consistera donc à faire en sorte que ces niveaux soient aussi bas que possible avant les crues. Mais comme on ne sait jamais à l'avance si une crue importante ne se produira pas à brève échéance, l'application de ce principe conduit à maintenir constamment un certain volume de réserve disponible dans le lac, donc à maintenir ce dernier à des niveaux relativement bas.

Serait-il possible d'augmenter le volume de réserve disponible en général dans les lacs subjurassiens en abaissant davantage leurs niveaux moyens normaux ? L'examen auquel notre service a procédé a montré qu'un changement du régime actuel de ces niveaux aurait de profondes répercussions sur la plupart des secteurs économiques intéressés : navigation, constructions riveraines, pêche, agriculture, etc. Il faudrait procéder à d'importants et onéreux travaux d'adaptation au nouveau régime, ce qui ne permettrait même pas de supprimer tous les inconvénients résultant de cet abaissement. D'ailleurs, le canton de Neuchâtel insiste pour que les niveaux minima actuels soient fortement relevés et les niveaux moyens aussi peu modifiés que possible. Nous avons donc dû constater qu'on ne peut augmenter

les possibilités actuelles d'accumulation temporaire des crues dans les lacs subjurassiens eux-mêmes, et cela malgré tout l'intérêt qu'aurait présenté une solution de ce genre pour améliorer encore la régularisation des débits de l'Aar en aval de Nidau.

Notons à ce sujet que l'influence favorable de bas niveaux initiaux d'un lac sur ses niveaux de crue dépend fortement du caractère de cette dernière ; alors que cette influence est très importante lorsqu'il s'agit de crues de courte durée, elle l'est beaucoup moins et peut même devenir insignifiante en cas de hautes eaux prolongées.

Ajoutons encore, pour être complets, qu'on pourrait aussi augmenter vers le haut le volume de réserve disponible en général. C'est ainsi qu'on a proposé vers 1920 de construire des digues le long des lacs et des canaux de la Broye et de la Thielle, là où leurs rives sont basses. Les lacs ne pourraient alors plus déborder en période de hautes eaux. Des stations de pompage devraient en outre refouler dans les lacs les eaux leur parvenant par les canaux de drainage et éviter ainsi l'inondation des plaines riveraines.

L'examen de cette suggestion, effectué par une commission composée de techniciens des cantons et de notre service, a montré rapidement que sa réalisation serait difficile et surtout très onéreuse ; celle-ci ne saurait donc entrer en ligne de compte.

2. Une deuxième méthode pour éviter les inondations des rives d'un lac consiste à augmenter la capacité de son émissaire afin que celui-ci puisse évacuer plus rapidement les apports au lac. C'est la solution retenue pour améliorer le régime actuel des lacs du Pied du Jura. Son inconvénient principal réside dans le fait que les débits maxima de l'émissaire n'en sont pas réduits et que ses crues normales sont même un peu plus fréquentes qu'auparavant ; c'est ce qui a conduit à inclure dans le projet les très importants travaux prévus à l'aval de Büren.

3. On peut encore chercher à diminuer l'importance des débordements d'un lac en faisant en sorte qu'une partie de ses apports naturels ne lui parvienne pas, soit qu'elle soit détournée vers un autre bassin versant, soit qu'elle contourne le lac par l'intermédiaire d'un canal reliant directement un de ses affluents à son émissaire. Dans le cas concret des lacs du Pied du Jura, le projet d'usine

Hongrin-Grandchamp représente une solution du premier genre alors que la réutilisation de l'ancien cours de l'Aar entre Aarberg et Meienried comme évacuateur de crues constituerait une solution du deuxième genre. En fait, on ne peut envisager de dériver hors du bassin de l'Aar des débits suffisants pour soulager sensiblement les lacs subjurassiens en période de crue ; quant à l'aménagement d'un nouveau lit entre Aarberg et Meienried, il serait beaucoup plus onéreux et présenterait des inconvénients beaucoup plus graves que l'approfondissement du canal de Nidau à Büren, sans toutefois offrir aucun avantage supplémentaire pour l'évacuation des crues.

4. Reste la quatrième méthode, savoir celle qui consiste à retenir temporairement dans des retenues naturelles ou artificielles sises plus en amont une partie des apports au lac.

Par rapport aux méthodes précédentes, la rétention temporaire des eaux des affluents présente le grand avantage d'assurer une régularisation des débits en amont déjà de la région à protéger spécialement ; c'est donc vers une solution basée sur ce principe qu'il faudrait tendre. Malheureusement, un examen approfondi a montré que de telles possibilités — compte tenu des contingences particulières à chaque accumulation existante ou envisagée entrant en ligne de compte : lacs de Joux, de Thoune, de Brienz, bassins d'accumulation de l'Oberhasli, de Rossens, de Schiffenen, etc. — étaient peu importantes et qu'elles ne pourraient donc apporter qu'une amélioration d'ordre secondaire au régime actuel des lacs subjurassiens. De plus, cette amélioration ne jouerait pas dans tous les cas et sa réalisation n'irait pas sans frais assez élevés ni sans causer des inconvénients durant les années sèches.

Signalons à ce propos les drainages et assainissements de terrains agricoles effectués sur une grande échelle, pendant la dernière guerre surtout, et dont l'effet est inverse. Par suite de ces travaux, de grandes régions plus ou moins marécageuses, qui faisaient auparavant fonction de réservoirs naturels retenant provisoirement les eaux de crues, évacuent maintenant celles-ci rapidement vers l'aval. Les corrections de lit et l'augmentation constante des surfaces bâties ou recouvertes d'une chape imperméable (routes) agissent dans le même sens.

En conclusion, nous avons dû constater que dans le cas des lacs subjurassiens, il était nécessaire d'avoir recours avant tout à une solution basée sur la deuxième méthode énoncée, savoir l'accroissement de la capacité des émissaires des lacs, pour obtenir une amélioration radicale du régime de ces derniers en périodes de hautes eaux. Quant aux améliorations qui pourront être apportées au régime de leurs apports, elles ne permettent pas d'envisager une réduction des travaux proposés actuellement, mais constitueront un heureux complément puisqu'elles permettront de réduire davantage le nombre et l'importance des inondations résiduelles pouvant encore se produire.

*

Puisqu'on ne peut éviter l'exécution de travaux considérables le long des émissaires des lacs, nous avons encore étudié s'il ne serait pas possible d'utiliser ces canaux agrandis dans un second but ; une partie de leur coût pourrait alors être prise en charge par d'autres intéressés, ce qui diminuerait la part grevant la régularisation des lacs proprement dite.

Une possibilité de ce genre existe : l'usine envisagée Schiffenen-lac de Morat. On sait que les forces hydrauliques de la Sarine, à l'aval de la ville de Fribourg, ne sont pas encore utilisées. Or une des variantes prévues pour mettre en valeur cette chute consiste à construire un barrage à Schiffenen, puis à conduire les eaux ainsi accumulées jusqu'aux environs de Morat où se trouverait l'usine. Une grande partie des eaux de la Sarine serait ainsi détournée dans le lac de Morat. L'émissaire de ce lac — le canal de la Broye — ainsi que celui du lac de Neuchâtel — le canal de la Thielle — joueraient alors le rôle de canaux de fuite de la nouvelle usine et évacueraient des débits beaucoup plus importants que ce n'est le cas actuellement. Il faudrait donc augmenter leur capacité. Comme la correction des eaux du Pied du Jura nécessite également un agrandissement de ces canaux, on pourrait les agrandir de manière qu'ils satisfassent aux besoins des deux entreprises et réaliser ainsi de notables économies. En effet, non seulement les prix unitaires de tels travaux diminuent avec leur importance, mais ceux-ci comportent une partie fixe — le revêtement en enrochements d'un des deux talus du canal — dont l'importance relative est d'autant plus faible que le volume total des travaux est plus grand.

Cette économie serait encore accrue du fait qu'il serait possible de prévoir une nouvelle capacité inférieure à la somme des débits maxima nécessités par chacune des deux entreprises. Il serait facile en effet de réduire le débit utilisé par la centrale en périodes de très hautes eaux, ces dernières étant très rares et la production d'énergie des autres usines hydroélectriques alors abondante. En temps normal et d'étiage, au contraire, le supplément d'apports dû à l'usine serait très souhaitable puisqu'en s'ajoutant aux faibles débits naturels des canaux, il permettrait de conserver entre les trois lacs subjuraasiens, malgré l'élargissement des canaux de la Broye et de la Thielle, des différences de niveau de l'ordre de celles observées actuellement. Quant aux régimes du lac de Bienne et de l'Aar plus à l'aval, ils ne seraient pas sensiblement modifiés puisqu'ils reçoivent, maintenant déjà, toutes les eaux de la Sarine.

De l'étude approfondie à laquelle notre service a procédé, il résulte que la régularisation des lacs trouverait un avantage certain à être conjuguée avec l'usine envisagée. Mais l'exécution de cette dernière nécessiterait des pourparlers longs et délicats, vu l'importance des questions à résoudre et le nombre élevé des intéressés : les quatre cantons riverains des lacs, les Entreprises électriques fribourgeoises, les Forces motrices bernoises, etc. On pouvait donc craindre qu'une entente à ce sujet ne demandât beaucoup de temps et ne puisse se faire qu'au prix de sujétions si lourdes pour la nouvelle usine que sa réalisation en soit compromise. D'accord avec tous les cantons intéressés, il a donc été décidé de poursuivre la question de la régularisation des lacs du Pied du Jura indépendamment de cette possibilité.

II. Les nouvelles usines hydroélectriques envisagées dans le bassin de la Sarine

A. Généralités

Pour pouvoir juger si un projet d'usine est rationnel du point de vue de l'utilisation des forces hydrauliques, il ne suffit pas de l'examiner pour lui seul, ni même de le confronter avec d'autres projets, il faut encore examiner s'il s'incorpore dans un plan général d'aménagement — rationnel lui aussi — s'étendant à toute la région à con-

sidérer, compte tenu des dérivations possibles et de l'interdépendance que celles-ci créeraient entre de vastes territoires.

Plusieurs projets ont été étudiés récemment pour mettre en valeur les forces hydrauliques de diverses sections de cours d'eau appartenant au bassin de la Sarine. Pour cette raison également, et comme il l'a déjà fait ou est en train de le faire pour d'autres parties de notre pays, notre service a dû établir un plan général d'aménagement pour le bassin de la Sarine et certaines régions avoisinantes.

Bien entendu, ces plans généraux d'aménagement n'ont rien d'absolu mais sont révisés chaque fois que des solutions nouvelles et plus avantageuses se présentent. Parfois — c'est le cas pour celui de la Sarine — ils comportent même, pour l'utilisation des mêmes eaux, plusieurs variantes pouvant être considérées comme rationnelles.

Rappelons ici ce que nous avons déjà signalé en tête de cet exposé : Le degré d'élaboration des projets figurant dans le plan d'aménagement établi est très variable. Alors que certaines usines ont déjà fait l'objet d'études approfondies, d'autres n'ont été étudiées que très sommairement. Il en est de même en ce qui concerne les droits d'utilisation des eaux. Tandis que pour certains projets, la concession a déjà été accordée au moins partiellement ou est en cours d'examen, pour d'autres, par contre, il n'existe aucun requérant.

Rappelons aussi que la mise en valeur rationnelle des sections de cours d'eau utilisées ne représente qu'un des points de vue que doivent prendre en considération les autorités lorsqu'elles examinent des demandes de concession et que ce critère peut être différent de l'intérêt public.

Avant de donner quelques brèves indications sur chacun des aménagements figurant au plan d'ensemble actuel du bassin de la Sarine (voir fig. 14), nous ne saurions manquer de signaler que plusieurs de ceux-ci — y compris, par exemple, l'usine envisagée Schiffenen-Morat — se trouvaient déjà dans un premier plan directeur de cette région établi en 1913 par M. Maurer, alors ingénieur en chef du département des Services industriels du canton de Fribourg, un technicien aux vues larges qui fait figure de précurseur dans ce domaine.

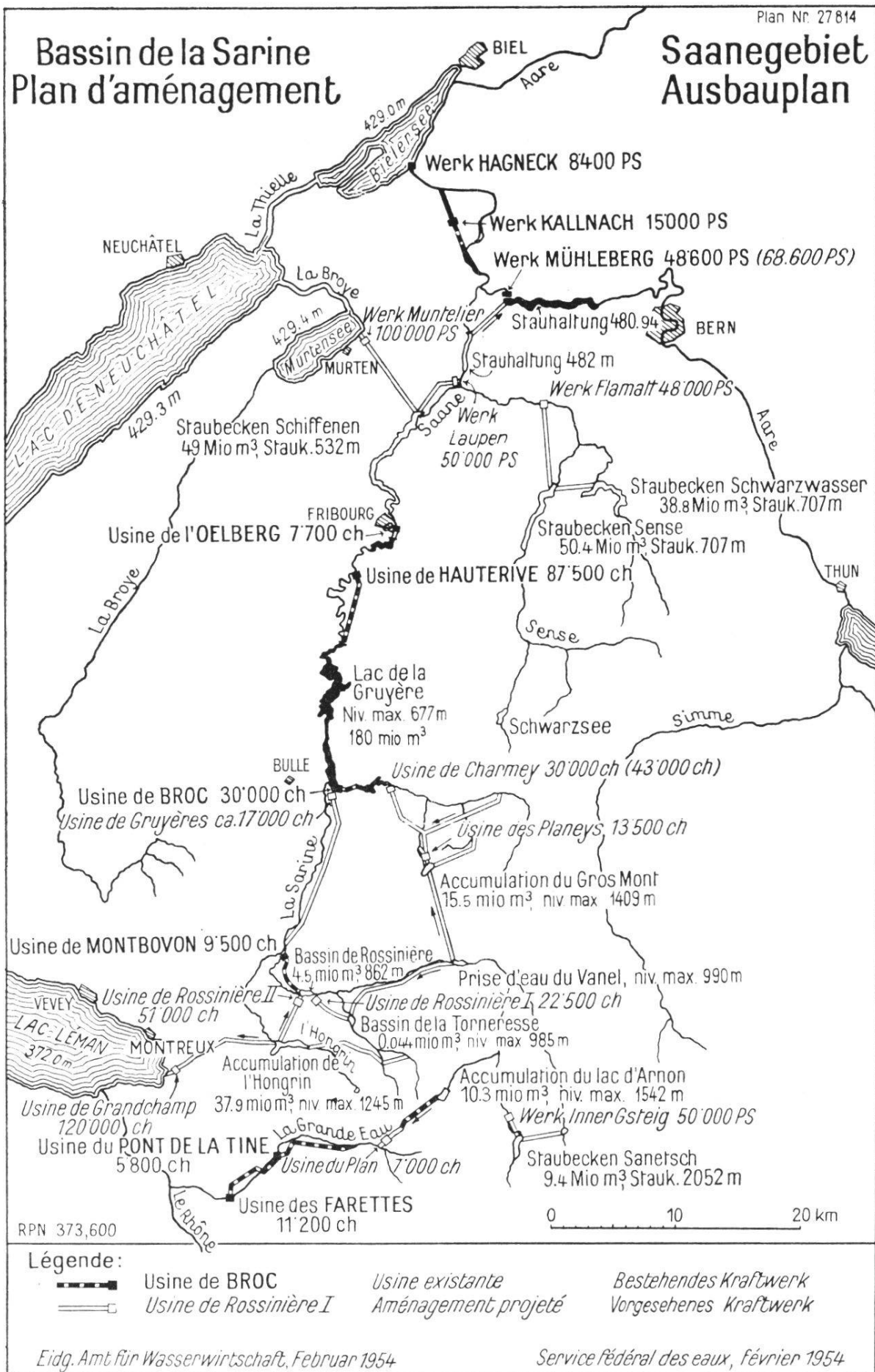


Fig. 14

B. Description sommaire des nouvelles usines envisagées

1. Usine du Sanetsch

La chute concentrée que fait la Sarine entre le plateau de Genièvre au-dessous du col du Sanetsch et le village de Gsteig est favorable à la mise en valeur de la force hydraulique de cette section. A un moment donné, la ville de Berne, qui s'y intéresse depuis nombre d'années, avait même envisagé de passer au stade des réalisations, mais elle finit par préférer participer à l'aménagement des forces de l'Oberhasli, en commun avec d'autres entreprises électriques.

En 1947, cette même ville et les Forces motrices bernoises dressèrent un nouveau projet. Il comporte l'aménagement d'un bassin d'accumulation de 9,4 millions de m³ de capacité sur le plateau hauterivien, urgonien et barrémien de Genièvre moyennant la construction d'un barrage-poids en béton de 440 m de longueur et 58 m de plus grande hauteur, prolongé vers l'est par une digue en terre de 130 m de longueur. Le niveau maximum de la retenue serait à la cote 2052 m et la chute brute maximum serait de 855 m. Une galerie amènerait dans la retenue les eaux du bassin voisin du Geltenbach qui a l'avantage d'être recouvert en partie par un glacier. L'usine serait aménagée pour un débit de 5 m³/sec et la centrale sise près de Gsteig aurait une puissance maximum de 50 000 ch ; sa production serait de 27 millions de kWh en hiver et de 38 millions de kWh en été.

La commune valaisanne de Savièse a accordé depuis longtemps le droit d'utiliser les eaux dépendant de son territoire. Du côté bernois, le Conseil d'Etat n'a pas encore pris de décision, une forte opposition s'étant manifestée dans la vallée de Lauenen pour des raisons ressortissant à la protection de la nature (cascades du Geltenschüss).

Grâce à l'accumulation prévue, cet aménagement ne produirait pas seulement de notables quantités d'énergie d'hiver, mais il améliorerait encore sensiblement le régime de la Sarine à l'aval en augmentant son débit durant cette saison de 1 m³/sec en moyenne.

2. Augmentation de la retenue du lac d'Arnon

La Société des forces motrices de la Grande-Eau à Aigle, une filiale de la Société romande d'électricité, possède deux usines sur ce cours d'eau : Pont de la Tine et les Farettes. Afin d'améliorer leur production d'hiver, elle a effectué d'importants travaux entre 1912 et 1921 au lac d'Arnon, petit lac situé sur territoire bernois dans une auge d'origine glaciaire obturée par deux grands glissements descendus des versants de la vallée. L'émissaire de ce lac, le Tschertzibach, est un affluent de la Sarine. Grâce à un tunnel percé sous la Palette d'Isenau, les eaux du lac d'Arnon sont détournées du bassin de l'Aar vers celui de la Grande Eau, et par conséquent du Rhône, par l'intermédiaire du torrent du Plan. Comme l'entrée de cette galerie se trouve près de 25 m au-dessous du niveau naturel du lac, on peut abaisser celui-ci d'autant, ce qui représente un volume utile de 6,3 millions de m³. Pendant la dernière guerre, on a augmenté ce volume de 600 000 m³ en construisant un petit barrage de 1,50 m de hauteur à la sortie de l'émissaire.

On envisage actuellement d'accroître à nouveau de 3,4 millions de m³ la capacité utilisable du lac en construisant au même endroit une digue de 8,50 m de hauteur. Il est prévu de construire également une petite usine au Plan près des Diablerets afin de mettre en valeur la chute d'environ 350 m, non encore utilisée, comprise entre l'extrémité de la galerie côté Vaud et l'embouchure du Torrent du Plan dans la Grande Eau.

Les eaux supplémentaires nécessaires pour assurer le remplissage de la retenue agrandie seront captées dans le torrent d'Ayerne, donc dans le bassin de la Grande Eau, puis refoulées dans le lac par l'intermédiaire de la galerie existante ; ce nouvel aménagement n'augmentera donc pas le volume des eaux soutirées au bassin de la Sarine.

Le supplément annuel de production donné par cet aménagement complémentaire sera de 11,2 millions de kWh en moyenne dont 7,7 produits par l'usine du Plan qui sera équipée d'un groupe de 7000 ch absorbant au maximum 1,75 m³/sec.

Il semble que les concessions bernoise et vaudoise pour ce nouvel aménagement seront octroyées très prochainement.

3. Usine Le Vanel-Rossinière

De Gsteig à Gesseney, la pente de la Sarine est très faible. Entre cette dernière localité et Rossinière, elle est de nouveau un peu plus forte ; une utilisation de la force le long de ce secteur entre donc en ligne de compte. Le dernier projet qui le concerne date de 1949 ; il est dû à la Compagnie d'Entreprises et de Travaux hydrauliques à Lausanne, agissant pour le compte de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, qui elle-même deviendra à partir du 1^{er} janvier 1955 la Compagnie vaudoise d'Electricité. La prise d'eau est prévue au Vanel, un peu à l'aval de l'embouchure du ruisseau des Fenils et de la frontière entre les cantons de Berne et de Vaud. Les ouvrages d'aménée se trouveraient sur la rive gauche de la Sarine, ce qui permettrait de capter aussi facilement les eaux de la Gérine et de la Torneresse et même d'aménager un bassin de compensation de 44 000 m³ dans une gorge formée par ce dernier cours d'eau. Quant à la centrale, elle serait située près de Rossinière et équipée pour un débit de 15 m³/sec.

Il existe deux variantes concernant l'emplacement de cette centrale. En effet, les Entreprises électriques fribourgeoises, propriétaires de l'usine d'aval de Montbovon, envisagent de remplacer la prise d'eau actuelle de cette usine près de la Tine par un ouvrage situé 500 m plus en amont, au Lanciau, à l'aval immédiat de la plaine du Vernex, en dessous de Rossinière. A cet endroit, la vallée se resserre et la Sarine coule dans une gorge étroite formée de calcaires, de marnes et de grès toarciens où il serait facile de construire un barrage retenant 4 à 5 millions de m³ d'eau. En aménageant en conséquence la galerie d'aménée actuelle à la centrale de Montbovon, cette dernière pourrait être exploitée en usine de pointe et fournir par conséquent de l'énergie d'une qualité bien supérieure à celle qui est produite actuellement.

Selon donc que ce bassin de Rossinière sera aménagé ou non, la centrale du même nom du palier amont serait édifiée en bordure du nouveau bassin ou au contraire au fond de la plaine du Vernex. Dans le premier cas, la chute brute serait de l'ordre de 150 m, la puissance installée de 26 500 ch et la production annuelle de 70 millions de kWh ; dans le second cas, ces valeurs se réduiraient à 130 m, 22 500 ch et 60 millions de kWh.

4. Accumulation du Gros-Mont

La plaine du Gros-Mont, encaissée entre la chaîne des Gastlosen et celle du Vanil Noir, était autrefois recouverte par un lac qui disparut peu à peu, par érosion torrentielle du seuil rocheux sur lequel coule l'émissaire du vallon : le Rio du Gros-Mont. Moyennant certains travaux d'étanchement, cette plaine pourrait probablement être aménagée en bassin d'accumulation, le barrage principal étant construit au haut des Escaliers du Gros-Mont, sur le verrou néocomien qui limite la cuvette au Nord. A l'autre extrémité de celle-ci, dans la région du Jeu de Quilles, une digue devrait être construite afin d'éviter un déversement vers la vallée vaudoise des Siernes Picats. Les apports du bassin versant naturel, augmentés par l'adduction du Rio du Petit-Mont, étant inférieurs aux 15,5 millions de m³ prévus comme capacité de la retenue, une partie de l'eau nécessaire pour le remplir devrait être pompée.

Le bassin serait utilisé vers le Nord, la centrale se trouvant près de Charmey. La production annuelle serait de 25 millions de kWh environ, non compris le supplément qui en résulterait dans les trois paliers inférieurs de Montsalvens, Rossens et Oelberg. Cette production pourrait être concentrée sur l'hiver. Il faudrait par contre disposer de 8 à 10 millions de kWh d'été pour le pompage.

Mais ce même bassin du Gros-Mont pourrait aussi être utilisé en conjugaison avec une dérivation de la Sarine vers le bassin de Montsalvens. Cette solution aurait l'avantage d'assurer une utilisation intégrale des forces de cette rivière entre le Vanel et Broc. En effet, la pente de la Sarine entre Montbovon et cette dernière localité est faible. Son utilisation le long de la vallée semble donc peu intéressante. En conduisant les eaux de la Sarine directement vers la retenue de Montsalvens, on utiliserait par contre la chute déjà aménagée de Broc ainsi qu'une partie des galeries nécessaires pour l'utilisation du bassin du Gros-Mont.

Suivant la conception indiquée sur la fig. 14, le groupe d'usines Le Vanel-Gros-Mont-Charmey comporterait deux paliers et par conséquent deux centrales. L'une, souterraine, située dans le vallon du Gros-Mont, au-dessous des Planeys, mettrait en valeur la chute Gros-Mont-Les Planeys. C'est là que se trouverait aussi l'installation

de pompage destinée à compléter les apports au bassin du Gros-Mont. L'eau utilisée dans cette première centrale se déverserait dans le canal d'amenée Le Vanel-Charmey du palier inférieur dont la centrale serait située à Charmey. Le Jaunbach se trouvant à Bellegarde à la même altitude que la Sarine au Vanel, il pourrait être capté également et utilisé dans ce palier inférieur.

La production du groupe d'usines constitué par ces deux paliers serait de l'ordre de 150 millions de kWh par année dont la moitié disponible en hiver.

Ici comme à l'Hongrin, l'énergie reviendrait en majorité à un canton, celui de Vaud en l'occurrence, autre que celui sur le territoire duquel se trouverait la plus grande partie des installations. En effet, l'énergie produite dans l'usine de Charmey par les eaux provenant de la Sarine serait intégralement vaudoise, puisque le bassin de Montsalvens se trouve à une cote supérieure à celle de la Sarine à l'endroit où elle quitte le territoire vaudois.

5. Usines Hongrin-Grandchamp et Hongrin-Rossinière

Nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'exposer ici les grandes lignes de ce projet. Nous rappellerons seulement qu'il prévoit l'aménagement d'un bassin d'accumulation de 38 millions de m³ dans les vallées du Grand et du Petit Hongrin, l'ouvrage de retenue — un double barrage-voûte — étant situé au Tabouset, au confluent de ces deux torrents. Le verrou à obturer par le barrage est constitué par une barre calcaire formée de couches plongeant vers l'amont, donc favorablement disposées. Les eaux du cours supérieur de la Torneresse et de l'Eau Froide seraient aussi dérivées vers ce bassin. Quant à la centrale d'une puissance de l'ordre de 120 000 ch, travaillant sous une chute brute maximum de 870 m et équipée pour un débit de 12 m³/sec, elle serait souterraine et située à Grandchamp, près de Veytaux, au bord du lac Léman. La production annuelle serait de 150 millions de kWh, dont 20 millions à restituer aux usines existantes de Montbovon, Rossens et Oelberg. Comme les trois quarts de la production pourraient être concentrés sur l'hiver, cette usine représente le plus bel aménagement hydro-électrique pouvant encore être réalisé dans le canton de Vaud.

Tous les ouvrages sont situés en effet sur le territoire de ce

canton. Toutefois, comme il s'agit de l'utilisation d'une section intercantonale de cours d'eau — l'Hongrin du barrage à son embouchure dans la Sarine, puis la Sarine elle-même —, c'est le Conseil fédéral qui serait compétent pour statuer sur l'octroi éventuel des droits d'eau au cas où les deux cantons intéressés ne parviendraient pas à s'entendre à ce sujet. Fait paradoxal à première vue, la part d'énergie fribourgeoise dépasse celle qui revient au canton de Vaud, la dénivellation comprise entre le barrage et l'endroit où l'Hongrin quitte ce dernier canton étant inférieure à celle qui est comprise entre ce point et celui où la Sarine abandonne le territoire fribourgeois.

Suivant le projet actuel, dressé par la Compagnie d'Entreprises et de Travaux publics à Lausanne pour la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, le volume des eaux dérivées du bassin de l'Aar vers celui du Rhône serait de 84 millions de m³ en année moyenne, ce qui représente $2\frac{2}{3}$ m³/sec en moyenne.

Bien entendu, la retenue projetée de l'Hongrin pourrait être utilisée également le long du cours naturel des eaux, la centrale étant située par exemple près de Rossinière, à l'amont de la prise d'eau de l'usine de Montbovon. La chute étant un peu inférieure à la moitié de celle correspondant à l'utilisation vers le Léman, la puissance de la centrale de Rossinière II serait de l'ordre de 50 000 ch et sa production annuelle de 68 millions de kWh dont 50 millions en hiver.

6. Usine Montbovon-Gruyères

Entre Montbovon et le lac de la Gruyère, la pente de la Sarine est faible. La mise en valeur de la force hydraulique de cette section ne paraît donc pas très intéressante, même si l'on suppose que la retenue envisagée de l'Hongrin soit utilisée vers la Sarine.

Suivant une étude de caractère très général effectuée par notre service, la production annuelle de cette usine, aménagée pour utiliser un débit de 20 m³/sec au maximum, serait de 75 millions de kWh, dont 31 millions en hiver, en tenant compte des débits actuels de la Sarine. La construction du bassin de l'Hongrin et son utilisation vers le Léman réduirait cette production d'une dizaine de millions de kWh

par année dont 4 millions en hiver. Quant à l'utilisation de ce même bassin vers la Sarine, elle réduirait la production d'été de 3 millions de kWh, mais accroîtrait celle d'hiver de 6 millions.

7. Usine de Flamatt

Citons encore, mais pour mémoire seulement car elle est très peu intéressante du point de vue économique, la possibilité de mettre en valeur les forces du bassin versant de la Singine. Deux lacs d'accumulation importants pourraient être créés dans la molasse marine, l'un près de Buttnigenbad, sur la Schwarzwasser, d'une capacité utile de 39 millions de m³, et l'autre près de Schönfels, sur la Singine, d'un volume de 50 millions de m³. La centrale serait à Flamatt.

Avec des bassins de retenue de cette importance, la production, qui serait de l'ordre d'une cinquantaine de millions de kWh par année, pourrait être concentrée sur les seuls mois d'hiver. Le prix de revient, très élevé, de l'énergie pourrait être réduit en diminuant l'importance des bassins ; mais alors la production ne pourrait plus être concentrée sur l'hiver seulement. En outre, malgré cette réduction de la qualité de l'énergie produite, son coût resterait élevé.

8. Aménagement de la Basse-Sarine

Grâce à la régularisation des débits de la Sarine due au bassin d'accumulation de la Gruyère, l'utilisation des forces hydrauliques de la Basse-Sarine a gagné en intérêt. En collaboration avec les Entreprises électriques fribourgeoises, notre service a examiné comment la section non encore utilisée, c'est-à-dire celle située à l'aval de la restitution de l'usine de l'Oelberg, à Fribourg, pourrait être mise en valeur.

Entre Fribourg et Schiffenen, la vallée de la Sarine est encaissée dans d'épais bancs de molasse marine burdigalienne formant de hautes parois presque verticales. Les conditions topographiques et géologiques sont d'autant plus favorables à l'établissement d'un bassin d'accumulation que, contrairement à ce que l'on a cru pendant longtemps, la couche d'alluvions récentes recouvre directement la roche en place et n'a que quelques mètres d'épaisseur. L'emplacement le plus favorable pour la construction d'un barrage se trouve à environ

1300 m en aval du pont de Schiffenen. Les projets établis prévoient l'érection d'un barrage-poids massif de 34 m de hauteur au-dessus du lit actuel de la Sarine et de 280 m environ de longueur ; son volume atteindrait 190 000 m³. La cote de retenue, 532 m, a été choisie de telle façon que le remous s'étende jusqu'au pied de l'usine de l'Oelberg, à Fribourg. La superficie du nouveau lac serait de 4 km² et son volume total de 56 millions de m³.

L'eau ainsi accumulée pourrait être utilisée dans l'une des deux directions suivantes :

- a) vers le lac de Morat, par l'intermédiaire d'une usine Schiffenen-Montilier ;
- b) le long du cours naturel de la Sarine, au moyen d'une usine Schiffenen-Laupen ; cet aménagement pourrait être complété éventuellement en dérivant les eaux de la Sarine et de la Singine réunies, de Gümmenen vers le lac de Wohlen où elles seraient utilisées par l'usine de Mühleberg des Forces motrices bernoises.

a) *Usine Schiffenen — Lac de Morat (Montilier)*

Les eaux de la Sarine seraient donc dérivées (voir fig. 15) jusqu'à concurrence d'un débit maximum de 100 m³/sec vers le lac de Morat par une galerie en charge de 6 km environ de longueur et de 6 m de diamètre. Cette galerie, dont l'origine serait située au sud-ouest de Kleingurmels, à la cote 503, pourrait être creusée entièrement dans la molasse. A l'amont, sur 1 km environ, il s'agirait de molasse marine burdigalienne, ensuite de molasse d'eau douce aquitanienne. Une petite gorge, due probablement à l'érosion d'un ruisseau, le Burggraben, permet d'envisager une solution élégante et économique pour le château d'eau. En effet, en barrant cette gorge par une digue, on pourrait la transformer en un réservoir de charge à ciel ouvert spécialement utile dans le cas particulier, étant donné la longueur relativement grande de la galerie d'amenée.

Ce bassin d'équilibre serait relié à la galerie d'amenée par un puits vertical de 20 m de diamètre. De Burg, une conduite forcée de 6 m de diamètre, 5 % de pente et 1500 m de longueur conduirait l'eau à la centrale implantée à l'Est de Montilier, à proximité de la route cantonale de Morat à Löwenberg. Une galerie de décharge, se prolongeant par un canal de 450 m, restituerait les eaux au lac de Morat à la cote moyenne de 429,5 m.

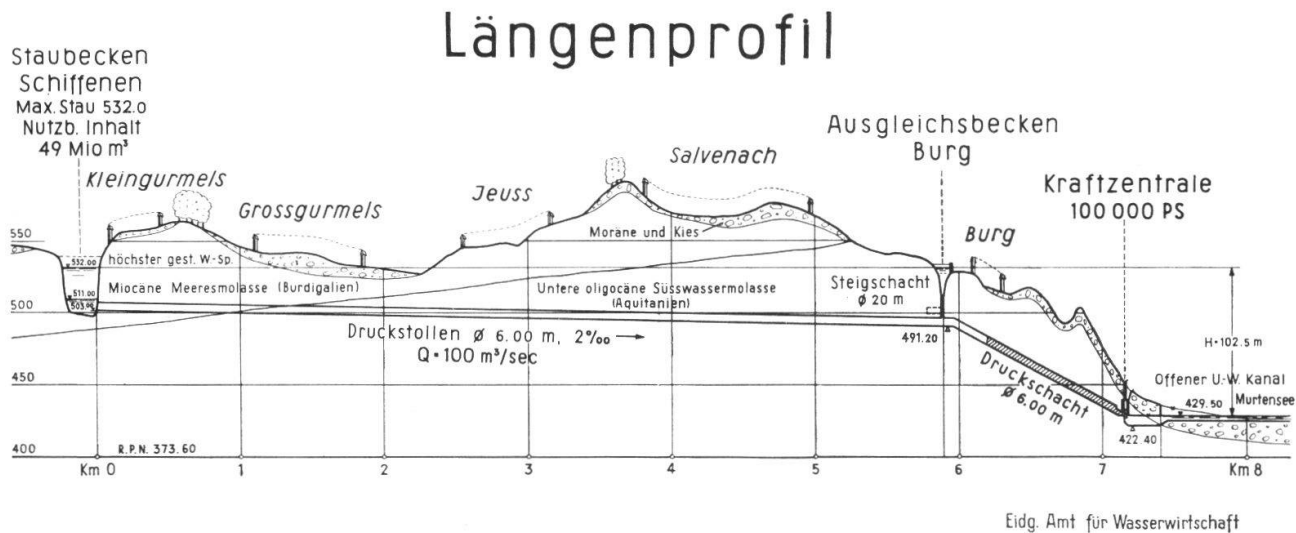


Fig. 15. Avant-projet d'usine Schaffenen – lac de Morat (Montilier).
Situation et Profil en long.

La centrale, dont l'infrastructure jusqu'au plancher de la salle des machines serait creusée dans la molasse, comprendrait deux groupes verticaux actionnés chacun par une turbine Francis de 50 000 ch.

A noter que dans cette variante, le projet prévoit l'utilisation d'une tranche d'eau de 21 m de la retenue de Schiffenen, ce qui correspond à un volume de 49 millions de m³.

Grâce à la chute concentrée de 100 m environ qui pourrait être utilisée entre la cote de retenue maximum du bassin de Schiffenen et celle du niveau moyen du lac de Morat ainsi qu'à l'action régulatrice très favorable des lacs de la Gruyère et de Schiffenen permettant d'utiliser la presque totalité des débits de la Sarine, la production de cette usine serait d'environ 300 millions de kWh par année, répartis également entre l'hiver et l'été. Le débit aménagé des usines existantes de Kallnach et de Hagneck — celui de Kallnach surtout — étant peu élevé, la perte de production que subiraient ces usines ne dépasserait pas une dizaine de millions de kWh par année au total.

Nous avons déjà relevé que la réalisation de cette usine, conjointement avec celle de la régularisation des lacs, serait avantageuse pour chacune des deux entreprises. Notons encore qu'une usine Schiffenen-Morat aurait par ailleurs l'avantage d'introduire de grandes quantités d'eau relativement pures et riches en oxygène dans le lac de Morat. En effet ce lac, qui doit être classé dans la catégorie des lacs eutrophes, est fortement pollué et il ne pourrait que bénéficier d'un renouvellement plus intense de ses eaux. On sait que c'est dans le lac de Morat qu'apparut pour la première fois dans notre pays — c'était en 1825 — l'algue *oscillatoria rubescens* d'où son nom de « Sang des Bourguignons ». Depuis lors, et comme ce fut le cas presque partout dans notre pays, la pollution de ses eaux s'est encore accrue au détriment de la pêche, de la beauté du site et même de l'hygiène.

b) *Usine Schiffenen-Laupen* (voir fig. 16)

La chute brute maximum pouvant être utilisée jusqu'à Laupen n'étant que de 50 m environ, il est prévu, dans cette variante, d'abaisser le niveau du bassin d'accumulation de Schiffenen jusqu'à la cote 520 seulement. La tranche utile étant alors de 12 m,



Fig. 16. Avant-projet d'usine Schiffenen-Laupen.
Situation et profil en long.

elle correspondrait à un volume de 36 millions de m³. La galerie d'amenée sous pression, de 6 m de diamètre et de 4,6 km de longueur, serait creusée entièrement dans la molasse burdigalienne et aquitanienne de la rive gauche de la Sarine jusqu'à l'aval de Laupen au-dessus du lieu-dit Alte Amtsschreiberei, où se trouverait la chambre d'équilibre. De là, un puits sous pression incliné, puis deux conduites forcées amèneraient l'eau à la centrale construite immédiatement à l'aval du pont de chemin de fer et équipée pour un débit de 100 m³/sec correspondant à une puissance de 46 000 ch.

Un second groupe d'ouvrages permettrait l'utilisation complète des forces hydrauliques de la Basse-Sarine en dérivant ensuite les eaux de cette rivière vers l'usine de Mühleberg au moyen d'une galerie de 6,75 m de diamètre et de 3,6 km de longueur percée dans la molasse aquitanienne entre Gümmenen et le lac de Wohlen. Un barrage mobile, construit à cet effet au travers de la Sarine en amont du pont de Gümmenen, retiendrait les eaux à la cote 482. Le débit dérivé atteindrait 70 à 100 m³/sec suivant le niveau du lac de Wohlen.

L'énergie produite par l'usine Schiffenen-Laupen serait en année moyenne de 140 millions de kWh, dont la moitié en hiver. A ce chiffre, il faut ajouter le gain d'énergie dans les usines existantes de Mühleberg, Kallnach et Hagneck, qui atteindrait 23 millions de kWh en été et 38 millions en hiver, soit au total 61 millions de kWh. Le gain total d'énergie que la variante Schiffenen-Laupen-Mühleberg permettrait de réaliser serait donc de l'ordre de 200 millions de kWh par année.

Mentionnons qu'on a aussi envisagé d'augmenter la puissance de la centrale de Mühleberg dans le cas où les eaux de la Sarine lui seraient conduites. En portant l'équipement actuel de 240 m³/sec à 340 m³/sec, ce qui permettrait d'augmenter la puissance maximum de 20 000 ch, on obtiendrait en été un supplément de production de 16 millions de kWh.

A noter enfin qu'il serait aussi possible de limiter la section de la Sarine utilisée dans l'usine supérieure au seul secteur fribourgeois. La restitution de l'eau prélevée dans le bassin de Schiffenen aurait alors lieu près de Klein-Bösingen, en amont de Laupen. La chute mise en valeur étant un peu plus faible que dans la variante Schiffenen-Laupen, les possibilités de production seraient réduites en proportion.

C. Les possibilités de production des usines envisagées

La production des usines existantes du bassin hydrographique de la Sarine est de 375 millions de kWh par année en moyenne. Celle des nouveaux aménagements figurant dans le plan d'ensemble donné est de l'ordre de 500 millions de kWh en tenant compte des seuls projets prévoyant une utilisation des eaux dans le bassin naturel de la Sarine. Une fois complètement mises en valeur, les eaux de ce cours d'eau et de ses affluents seraient donc à même de produire près de 900 millions de kWh par année dans leur propre bassin versant.

POSTFACE

En terminant cet exposé, il nous reste l'agréable devoir d'adresser les meilleurs remerciements de notre service à tous ceux : services techniques fédéraux et cantonaux, ingénieurs-conseils, géologues, entreprises, etc., qui ont collaboré aux études qu'il a effectuées, en particulier à partir de la crue de fin 1944. Qu'ils veuillent bien nous excuser si — afin de ne pas allonger cette communication déjà très longue — nous ne les nommons pas ici expressément. Comme cet exposé résume une conférence donnée à Fribourg et qu'il est destiné à paraître dans une revue fribourgeoise, nous nous permettrons cependant de faire une exception en faveur de deux éminentes personnalités de ce canton dont la collaboration nous a été particulièrement précieuse. Il s'agit de M. Jean Tercier, professeur à l'Université de Fribourg, ancien président de la Société fribourgeoise des sciences naturelles, à qui nous avons confié l'examen des problèmes d'ordre géologique posés par les usines envisagées du Gros-Mont et de Schiffenen, et de M. Henri Gicot, ingénieur-conseil à Fribourg, qui, conjointement avec notre service, assura la direction générale des études que nous avons effectuées de 1944 à 1950.
