

# Aménagement du Rhin de Bâle à Strasbourg et à Lauterbourg au moyen d'une Méthode nouvelle de canalisation des Fleuves

*Pour la production de la force motrice, la navigation internationale, l'irrigation des deux rives  
et la protection contre les inondations*

par L. MAHL, Ingénieur

## DISPOSITIONS TECHNIQUES RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES BARRAGES-USINES

Les emplacements les plus propices sont choisis à l'amont des confluent et autant que possible sur le prolongement de grandes voies transversales auxquelles on offrira des ponts confortables remplaçant les ponts de bateaux actuels.

On aura intérêt à espacer les digues le plus possible, quand on n'aura pas de sacrifice de surfaces coûteuses à faire, en vue de réaliser des biefs de très grandes capacités : en temps de crues, la vitesse de l'eau s'accusera davantage dans leur partie centrale approfondie grâce à la majoration, sur ce point, du rayon moyen : d'où circulation normale des alluvions et empêchement des atterrissements, qu'on combattrait comme on l'a fait avec succès sur le Danube à l'aide des hersages si économiques, alors surtout qu'on disposera du halage électrique assurant l'action énergique d'un bateau herseur.

Pendant les crues, les bateaux trouveront une moindre vitesse en se tenant proche des rives. En temps d'eaux moyennes et d'étiage, le débit, à l'heure de la pointe, par exemple, devant être majoré sur toutes les usines, on aura une circulation générale d'autant moins accélérée et une perte de charge d'autant plus réduite que la section des biefs sera plus grande.

Lorsque la largeur le permettra, on mettra l'usine, par économie de longueur des barrages, dans le prolongement de l'ouvrage de décharge. Le canal à ménager entre la rive et un îlot ou une estacade assurant une eau calme à l'accès des bateaux aux écluses, sera sur la rive droite, alors que l'usine sera sur la rive gauche avec un canal de fuite le plus court possible. Les écluses établies à l'amont, les ponts n'auront pas à être relevés pour favoriser le tirant d'air aux bateaux, puisque ces derniers seront au niveau du bief intérieur en entrant ou en sortant des écluses vers l'aval. Les portes de ces écluses seront du type Stonay : pour mieux assurer le retour d'eau sous les bateaux pendant les mouvements de translation dans les écluses, on assurera à ces dernières une surprofondeur de mouillage.

L'intérêt à accorder aux moyens de protection contre les infiltrations ne se justifiera en dépense qu'à partir de 5 % environ d'économie d'eau. Envisageons en conséquence la solution de l'enfoncement longitudinal sous la digue de palplanches métalliques à coulisses. On les réalisera avec noyau creux pour assurer ensuite, par une injection en place, une étanchéité complémentaire, une fois le voile réalisé (fig. 14 et 15).

Si ces palplanches représentent un poids de 75 kilos par mètre superficiel, et que leur enfoncement au mouton, extrêmement rapide avec l'outillage voulu, en porte le prix à 20 francs or ; alors même qu'on reconnaîtrait la nécessité d'effectuer ce voile sur les quatre cinquièmes des deux rives, soit sur 200 kilomètres, la dépense serait de l'ordre de 20 millions, représentant au plus 1.400.000 francs par an de dépense, capital.

En épargnant de l'eau, pouvant produire des kilowatts-heure d'une valeur brute de 0 fr. 05 or, il suffira de récupérer 28 millions de kilowatts-heure pour couvrir les frais de protection contre les infiltrations. Mais ce chiffre, sur plus de 8 milliards de kilowatts-heure, ne représente que 3,5 ‰ permettant d'économiser 50 ‰, alors que dans le projet de canal, la perte de cet ordre prévue est de 150 ‰. La mesure s'impose donc. L'étalement de la superstructure de la digue sera assuré par un moyen connu cinq fois moins coûteux que l'emploi des palplanches métalliques.

En estimant la perte par infiltration trois fois plus faible dans le fleuve canalisé que dans le canal, par suite du retour aux biefs aval de l'eau perdue par les biefs amont (chose défendue à la solution par canal), on considère en fait un état de porosité, sur les onze biefs prévus, correspondant à 55, au lieu de 15 dans le canal : on ne pourra donc pas nous taxer d'exagération !

Étant donnés les avantages de tous ordres assurés par la canalisation du fleuve, on pourrait tout aussi bien admettre le colmatage superficiel de son lit, ainsi que la chose s'impose pour le canal.

Mais on devrait alors abandonner la solution si intéressante de la largeur du fleuve portée à 600 mètres.

En s'en tenant à la largeur actuelle de 200 mètres du lit approfondi, le bétonnage du fond n'aurait que 16 mètres de plus de largeur de revêtement que celui prévu pour le canal, chose insignifiante. En temps d'eau ordinaire, on réaliserait le travail en deux fois : l'approfondissement exécuté, on diviserait le lit en deux parties égales par un masque longitudinal en palplanches métalliques amovibles, donc ensuite réutilisables ailleurs. Le travail effectué à sec, le lit aurait une régularité définitive, puisqu'on n'aurait plus à y redouter l'action érodante des principes lourds en mouvement, le fleuve n'en recevant pas de l'amont et n'en empruntant plus à son propre fond, outre que la vitesse de l'eau, même en temps de crues, restera en dessous de celle acceptée dans le canal.

Mais toute filtration souterraine sera empêchée par le masque en palplanches métalliques que nous proposons d'établir sous les digues ; d'où la possibilité de consacrer le principe de la largeur maximum des biefs de 600 mètres. Si on peut se tenir à l'épaisseur que nous proposons pour ce masque, il résulte des renseignements que nous avons recueillis que le prix de ce masque sera sensiblement celui prévu. Dans la pratique, on a eu à enfoncer ces palplanches par 22 mètres de profondeur, limité à cet égard par la solution envisagée et non par des difficultés techniques. Nous avons eu à enfoncer des rails, en vue des sondages de Génissiat, par 31 mètres de fond. Mais il semble acquis que la masse étanche doit se rencontrer à 5 ou 6 mètres de profondeur. Pour être fixé à ce sujet, il en coûtera peu de procéder d'après la méthode que nous avons préconisée des puits instantanés : à l'aide d'un pieu à vis creux et métallique, on observera le débit de l'eau aspirée à mesure de la descente du pieu ; une fois les masses colmatantes atteintes, le débit sera nul et la longueur des palplanches définie.

A remarquer que la solution que nous proposons permet d'ancrer les bateaux en tous points, tandis que le bétonnage, dans les deux cas, exigerait l'application en surface d'une masse meuble importante, encombrante et difficile à maintenir régulière.

Afin de demander à ce voile d'empêcher les sous-pressions si dangereuses pour les digues, on l'établira sous l'accotement formant la crête de la digue du côté de l'eau.

Comme il importe que les travaux soient effectués à l'aide des moyens les plus expéditifs, il faut que les dispositions prises s'y prêtent. Or, ces ouvrages s'exécutent ordinairement en trois ou quatre campagnes au plus. Si on gagne un an, c'est 8 milliards de kilowatts-heure d'une valeur brute de près de 400 millions en or matériellement récupérés, sans compter les avantages relatifs à la navigation, aux irrigations et à la suppression des inondations.

Le fleuve aménagé par notre méthode présentera une ligne de défense plus copieuse qu'actuellement et à sa place légitime avec un fossé d'eau de 600 mètres, au lieu, pour le canal, d'un fossé, asséché le premier jour, de 120 mètres de largeur n'offrant qu'une défense illusoire sur notre territoire.

L'éloignement presque général de tout lieu habité sur les surfaces à occuper par la largeur de 600 mètres des biefs que nous proposons, favorise cette heureuse disposition.

Le canal, en temps de crues, n'aurait aucune utilité locale au point de vue de la navigation, faisant alors double emploi avec celui du Rhône au Rhin qui lui est proche et parallèle sur toute sa longueur.

## ORGANISATION DE L'ENTREPRISE GÉNÉRALE

On aura à créer immédiatement un bureau central chargé de l'étude générale de l'aménagement. La documentation existante sera demandée aux services compétents des pays riverains, dont les ingénieurs devront participer à l'étude faite ainsi en commun, pour ne laisser aucun intérêt dans l'oubli. Toutes les difficultés d'ordre politique ou technique seront arbitrées par la cour de justice du Tribunal international de La Haye.

On établira d'abord un projet d'ensemble pour la répartition judicieuse de l'emplacement des ouvrages. Puis l'étude pour chaque bief fera l'objet, au besoin, d'une mise au concours, comme la chose a été faite sur le Rhin supérieur, afin d'assurer à cette étude une discussion approfondie et donner la plus grande somme de satisfaction aux intérêts en cause. Pour ne pas perdre de temps, ce travail de commission se fera concurremment avec celui des levés préalables, des études géologiques, hydrologiques et financières de chaque partie, des expropriations, etc. Puis on mettra en adjudication, séparément pour chaque bief :

1<sup>o</sup> Le dragage général et l'exécution des digues suivant la méthode choisie ;

2<sup>o</sup> La réalisation sur bassin de radoub des éléments en ciment armé de toutes les parties des ouvrages ;

3<sup>o</sup> La mise à flot dans la cale de radoub, le transport sur place et l'échouement à la place requise de ces éléments ;

4<sup>o</sup> La réalisation en ciment armé de toute la superstructure des barrages, ponts, bâtiments d'usines, bureaux, ouvrages dans les digues, déversoirs et reversoirs, ponceaux, etc.

5<sup>o</sup> L'exécution et la pose des vannes diverses et de leurs accessoires, appareils de levage, grilles avec dégrilleurs, etc. ;

6<sup>o</sup> L'établissement des turbines et de leurs accessoires mécaniques ;

7<sup>o</sup> L'exécution des dynamos, transformateurs, etc. ;

8<sup>o</sup> Les lignes électriques raccordant toutes les usines des barrages, aux fins de suppléance, et celles servant aux distributions locales et régionales ;

9<sup>o</sup> Les lignes internationales de transport et de distribution de l'énergie disponible, lorsque les besoins locaux et régionaux seront assurés ;

10<sup>o</sup> La réalisation d'un moyen pratique, à poste fixe dans le fleuve, de halage rapide et économique des bateaux.

Grâce à une entente avec la Suisse en voie de réalisation, le remous du barrage à étudier vers Huningue va être porté au delà de Bâle, jusqu'au barrage futur de Birsfelden.

L'ensemble des onze barrages à prévoir serait à établir à l'aval de Bâle dans l'ordre et avec les caractéristiques ci-après, se partageant les 134 kilomètres du parcours et les 114 mètres de pente brute dont 7 kilomètres et 7 mètres empruntés au remous suisse et au dragage à l'aval du dernier barrage.

Tableau II

Numéro d'ordre des ouvrages	Désignation des Ouvrages	Longueur des retenues	Chute brute
		kilomètres	mètres
1 <sup>o</sup>	Barrage de Rosenau à l'aval d'Huningue vers le bac d'Emeldingen . dont 7 mètres de chute et 7 kilomètres de bief environ empruntés à la traversée de Bâle).	11	12
2 <sup>o</sup>	Barrage du Petit-Landau, vers le bac de Niffer à Rheinweiler . . . . .	11	12
3 <sup>o</sup>	Barrage de Chalampé-Neuenbourg, à l'amont du Pont . . . . .	12	12
4 <sup>o</sup>	Barrage de Blodelsheim-Heitersheim	9	10
5 <sup>o</sup>	Barrage de Geiswasser à l'amont de Neuf-Brisach . . . . .	11	11
6 <sup>o</sup>	Barrage de Biesheim à l'aval de Neuf-Brisach . . . . .	10	10
7 <sup>o</sup>	Barrage de Marekolsheim-Sasbach . .	12	10
8 <sup>o</sup>	Barrage de Schönau-Weisweil . . . .	11	11
9 <sup>o</sup>	Barrage de Dibolsheim-Kappel, à l'amont de Rhinau . . . . .	11	10
10 <sup>o</sup>	Barrage de Gerstheim à l'amont du pont d'Ottenheim . . . . .	12	8
11 <sup>o</sup>	Barrage de Fort-Hoche vers Eschau	13	8
12 <sup>o</sup>	Parcours dragué jusqu'au Pont de Kehl . . . . .	11	
	TOTAUX . . . . .	134	114

On voit que, pour des biefs peu nombreux, les hauteurs des ouvrages de retenue sont des plus favorables à la récupération économique de l'énergie de l'eau.

L'aménagement jusqu'à Lauterbourg, pour une pente de 0<sup>m</sup>51 par kilomètre, comporterait les ouvrages ci-après :

12 <sup>e</sup>	Barrage de Fort-Blumenthal . . . . .	bief de 15 kilomètres, chute brute	7 = 65
13 <sup>e</sup>	— de Heilmingen . . . . .	— 47 —	8 = 77
14 <sup>e</sup>	— de Fort-Louis . . . . .	— 47 —	8 = 77
15 <sup>e</sup>	— de Munchouse . . . . .	— 43 —	6 = 63
16 <sup>e</sup>	— de Neubourg . . . . .	— 13 —	6 = 63
	TOTAUX . . . . .	70 —	38 = 45

Le contingent fourni au Rhin par les eaux territoriales allemandes, de régime jurassique pour la plupart, est d'un quart pendant l'été et des trois cinquièmes durant l'hiver. Dans ces conditions, on voit tout l'intérêt à améliorer la régularisation à l'aide des lacs suisses dont les eaux sont de régime glaciaire, et à ne pas perdre le bénéfice de l'utilisation du débit des affluents de rive droite entre Bâle et Strasbourg, puis de l'utilisation de la pente jusqu'à Lauterbourg devant grandement améliorer le régime d'hiver de la force motrice.

#### ÉTABLISSEMENT DES USINES HYDRO-ÉLECTRIQUES

On aura intérêt à réduire le plus possible le nombre des unités hydro-électriques, en leur donnant une vitesse de rotation maximum.

Les turbines seront du type à axe vertical et libre déviation, qui se prête le mieux aux grands débits. Elles seront disposées pour rester noyées bien qu'en aspiration en dessous, même quand les crues donneront le maximum de relèvement du plan d'eau ; la hauteur de chute sera relativement maintenue par la majoration du niveau de la retenue, l'accroissement du débit compensant éventuellement la moindre pression.

On installera immédiatement le nombre d'unités voulu pour l'utilisation d'un débit de 1.000 mètres cubes d'eau en moyenne, avec faculté de porter ce débit au double aux heures de *pointe*. Si une entente est réalisée avec les producteurs d'énergie du Rhin supérieur, il suffira de demander au Boden-See l'appoint d'eau voulu pour que, de barrage à barrage, l'accroissement du débit s'effectue, les biefs ne pouvant voir leur plan d'eau sensiblement diminuer, puisque chacun d'eux sera, à mesure, suralimenté par le bief amont. Seule, la vitesse de l'eau sera accrue, mais d'une façon acceptable par la navigation.

Toutes les usines hydro-électriques seront raccordées, aux fins de rendre très élastique la production et l'utilisation de leur énergie ainsi groupée en vue de grands transports européens à très haute tension très économique,

#### NAVIGATION GÉNÉRALE ET HALAGE ÉLECTRIQUE DES BATEAUX

La grande navigation pouvant comprendre même des chalands de mer naviguant par leurs propres moyens, et ceux des compagnies de navigation employant des transporteurs automoteurs. Il va de soi que le halage électrique proposé n'offrira qu'un avantage facultatif, et que tous les modes de navigation seront admis dans les biefs, même celui à voile. Pour le halage électrique, des lignes doubles pourront être établies longeant le bord de la rive droite. Ces lignes seront constituées à l'aide de deux monorails superposés à crémaillère, le monorail inférieur disposé à 4 ou 5 mètres de hauteur au-dessus de la rive portant les tracteurs des bateaux montants longeant la rive, alors que le monorail supérieur, disposé à 1 mètre plus haut, servira de piste aux tracteurs menant les bateaux descendants et passant au large. L'ensemble de ces monorails et les lignes de trolley de prise de courant seront supportés par un câble caténaire établi sur des pylônes espacés de 50 à 100 mètres, le tout convenablement contreventé pour réagir contre les efforts en plan.

La commande des tracteurs électriques se fera à distance et résultera au départ de la seule tension de la remorque à la main par le batelier ; d'où une économie de personnel, le pilote suffisant où l'emploi d'un wattman à terre et au moins deux hommes sur les remorqueurs s'imposent avec les autres méthodes.

Si la largeur des biefs de 600 mètres est adoptée, rien ne s'opposera à ce que la ligne de halage soit implantée dans le lit, tout proche du lit mineur offrant le plus de mouillage aux bateaux.

Les pylônes seront ainsi à l'abri du choc des lourds bateaux qui ne s'expliquera, du reste, plus sur un fleuve alors presque sans courant.

Ce sera une ressource pour réaliser un balisage copieux et l'éclairage pour la navigation nocturne, fluviale et aérienne des hydravions suivant par sécurité le lit du Rhin.

A la faveur d'une grande rapidité offerte aux bateaux de touristes, il est possible d'entrevoir un certain intérêt à assurer un service spécial pour les voyageurs sur cet itinéraire si vanté. Afin de rendre indépendant ce service, il nous paraît réalisable d'établir une ligne double, à son usage, et disposée sur les mêmes pylônes que ceux destinés aux lignes de halage des chalands. Ces bateaux à voyageurs, d'un mouillage réduit, se satisferont du tirant d'eau qui sera assuré en tout temps entre la digue de rive droite et la partie approfondie et où la vitesse du courant sera minime.

Ce mode de halage électrique a été jugé, par des constructeurs très experts, comme trois à six fois plus économique d'installation et de fonctionnement que tout autre présentant les mêmes avantages de commodité et de robustesse. Le trématage s'effectue sans rompre charge grâce à la superposition de la circulation des tracteurs offrant ainsi une voie double à peu de frais.

Le moyen Flettner, quinze fois plus avantageux à section égale exposée au vent que la voile, trouvera aussi son domaine d'emploi, grâce au faible courant, à la condition de pouvoir faire osciller les cylindres verticaux servant à la propulsion au passage sous les ponts.

Il paraît tout indiqué, sitôt le principe de la canalisation du fleuve admis, qu'on aura un avantage exceptionnel à établir immédiatement le halage électrique proposé qui sera au besoin alimenté d'énergie naturelle par du courant venant de Bâle. Outre une navigation copieuse, assurée, on animera à l'aide de la même ressource tous les engins de réalisation des travaux.

### PISCICULTURE

Le problème de la pisciculture apporte un gage également intéressant à l'élargissement de la retenue dans l'aménagement du fleuve. On a estimé à 1.500 francs le produit, à l'hectare, des étangs qui furent aménagés avant la guerre pour tirer un parti rationnel des eaux usées de la ville de Strasbourg dont le Gouvernement allemand avait prohibé le déversement dans l'Ill. Les 200 kilomètres de fleuve, dont nous proposons l'aménagement de Bâle à Lauterbourg, représenteront donc, avec 600 mètres de largeur, 12.000 hectares, soit une ressource matérielle de 18 millions en or à en tirer par les fermiers de la pêche, surtout en tirant parti de l'emploi des lînes. Chaque barrage sera muni d'une échelle à poissons, et un institut international de pisciculture sera établi à Strasbourg.

### IRRIGATIONS

L'eau en potentiel sur chaque barrage, sans l'établissement de têtes mortes coûteuses, sera conduite latéralement par la voie la plus courte suivant la pente naturelle, partie à l'aide de canaux, le reste en canalisations forcées. Le volume utile sera donné à discrétion pour l'alimentation d'un nombre considérable de municipalités, et tenir en eau la multitude de ruisseaux et canaux d'arrosage dont on voit la vallée sillonnée d'une façon merveilleuse, mais tous à sec au moment où leur concours devient le plus précieux. Or ce volume d'eau ne coûtera rien à la production de la force motrice, puisqu'il est représenté par le diagramme (fig. 1) sous la forme résiduaire ou sans affectation. Avantage évident sur l'aménagement par canal. Or la surface ainsi intéressée à ces irrigations peut être estimée à plus de 2.000 kilomètres carrés sans compter celles à alimenter par des refoulements acceptables. Or 200.000 hectares en période de sécheresse demandent le même nombre de litres à la seconde pour le maintien des irrigations, soit 200 mètres cubes. Que sera-ce pour le débit du fleuve, supérieur à 1.500 mètres cubes de mai à août, et comment ne pas être impressionné par cette considération en faveur de notre mode d'aménagement !

Il sera entendu que les syndicats d'irrigation auront à payer un droit d'eau équivalent au moins à la valeur de l'énergie non récupérée sur les turbines.

Les déversoirs et reversoirs seront d'un fonctionnement automatique en temps de crues et de décrues.

### L'AMÉNAGEMENT DES GRANDS FLEUVES EST UN PROBLÈME INTERNATIONAL

L'entente économique entre les peuples, sûr garant de la paix universelle, justifiera la réalisation la plus favorable possible de la grande navigation internationale aussi bien en mer que sur les grands cours d'eau. Comment attirer les produits des importateurs mieux qu'en leur rendant accueillants d'une façon avantageuse tous les points du territoire ! D'où tout pavillon doit avoir, sinon acquérir, le droit de remonter le Rhin, le Rhône, l'Elbe, comme la Tamise. Il n'y a que des économistes à courte vue qui peuvent nier cette vérité si évidente.

Le rôle de la diplomatie est d'apprécier en outre le fait qu'il existe des ressources en forces naturelles à mettre sur le marché européen dans les conditions les plus favorables pour le bien de tous.

Ce marché sera praticable, si des droits de circulation ne viennent le paralyser. Or il est facile de justifier qu'on peut faire fonds sur une puissance de production disponible de l'ordre de 30 à 40 milliards de kilowatts-heure par an autour d'un point qui serait sensiblement Strasbourg, et provenant des forces du Rhône, du Rhin, des Alpes et de la Suisse, sans compter les ressources qu'il convient d'ajouter très importantes d'énergie scandinave.

Nous avons pleinement justifié en son temps l'avantage économique d'un transport d'énergie des Alpes à Paris d'une longueur de 500 kilomètres sous une tension de 100.000 volts et une perte moyenne en ligne limitée à 10 % qui va être bientôt une réalisation (1). Aujourd'hui, la tension de 220.000 volts est pratiquement admise et celle de 300.000 volts certainement à envisager.

Si le rayon d'action, prévu alors de 500 kilomètres, est porté au double, soit 1.000 kilomètres, avec une tension triple, d'où une perte trois fois moindre en ligne, mais une dépense de ligne double, augmentant d'un tiers la dépense générale ; et si on décompose le prix maximum de vente en gros à Paris de 0 fr. 05 en une partie constante de 0 fr. 03 et une variable effective aux frais de transport, cette variable sera doublée par la distance, doublée encore par la perte en ligne, mais réduite au tiers, par la majoration de la tension. D'où le prix de revient, alors supputé, du kilowatt-heure transporté, de 0 fr. 05 en or, deviendra de

$$0.03 + \left( \frac{0,02 \times 4}{3} \right) = 0 \text{ fr. } 06$$

en chiffre rond ; porté à 0 fr. 065 pour tenir compte du prix majoré des supports, ce prix serait celui maximum de la vente en gros sur les points les plus éloignés, dans un rayon supposé au maximum de 1.000 kilomètres. Il est facile d'admettre que, tout en étant alors grevée de frais de distribution assez élevés, cette force hydro-électrique pourra y concurrencer avec avantage l'énergie thermique, dans la plupart des cas, surtout dans les régions dépourvues de houille.

Or, la distance en ligne droite du centre d'action, Strasbourg, pour atteindre les principales villes de l'Europe, est, pour Barcelone, de 950 kilomètres, pour Rome, 890 kilomètres, Londres, 690 kilomètres, Vienne, 680 kilomètres, Berlin, 650 kilomètres, Amsterdam, 190 kilomètres, Paris, 422 kilomètres et Bruxelles, 380 kilomètres.

Aujourd'hui, où le problème de la synthèse du pétrole semble résolue, on ne voit pas comment on pourra se passer à tout jamais d'une ressource concrète en carbone pour des usages mobiles et indépendants de l'énergie comme la locomotion libre et la grande navigation. En conséquence, si naguère on estimait la durée des gisements houillers anglais à cent cinquante ans, il convient de réduire d'un tiers cette période d'épuisement, par suite des besoins nouveaux s'accusant chaque jour. D'où un immense intérêt à ménager les réserves en combustible de notre continent et s'adresser dans toute la mesure possible à la ressource inépuisable, bien que limitée, de l'énergie naturelle. Ceux qui ne voient pas tout l'intérêt de ce qui précède ont un entendement déplorable de la pérennité de la vie des nations. Ce sont les mêmes qui ne veulent pas voir que la première condition de l'établisse-

(1) Aménagement du Rhône, projet Blondel, Harle et Mähl.

ment de la paix en Europe est celle d'une entente économique : plus on donnera de gages à cette dernière, plus étroite elle deviendra ; et quand l'intérêt commande, on est toujours prêt à s'entendre !

Il conviendra donc de former un syndicat international, en vue de tirer le meilleur parti possible de cette formidable ressource en Europe et d'en assurer la production la plus logique et avantageuse en tenant compte de tous les intérêts en cause, notamment en ce qui concerne la réserve des lacs pour l'assurer la plus souple et abondante possible. Il devra porter son intérêt sur la réalisation d'un grand nombre de retenues des eaux résiduaires dans des lacs artificiels dont on conçoit en maints endroits la création très économique.

#### AVANTAGES DIVERS DE L'ÉLARGISSEMENT DU FLEUVE PROPOSÉ

La largeur de 600 mètres proposée ne joue aucun rôle indispensable au point de vue de l'écoulement des crues les plus grandes comme les calculs le démontrent. Annuellement inondées, il n'y a aucun inconvénient à incorporer des surfaces dans la retenue à laquelle elles donneront une ampleur pleine de ressource, à des points de vue multiples, puisqu'on pourra même y pratiquer la navigation à la voile, constituer un port continu sur les deux rives, réaliser la pisciculture en grand, etc...

Certains redouteront l'épanchement d'un grand volume d'eau en cas de rupture d'une digue : mais le mode de réalisation que nous proposons retire toute crainte à ce propos. Au pis aller même, si une digue cédaît, pour un des biefs d'une longueur moyenne de 11 kilomètres et un déversement supposé même de la demi-hauteur maximum de la retenue latérale, soit de 4 mètres, par une brèche qui mettrait un certain temps à s'agrandir, la tranche d'eau, en écoulement relativement ralenti, viendrait franchir la cunette latérale où elle existera presque partout naturellement, puisque la vallée est remplie de lônes profondes se succédant sans cesse, sur chaque rive ; ces lônes emplies, l'eau s'exhaussera sur le sol avoisinant dans des conditions très limitées, car, sitôt l'accident signalé aux barrages d'amont, on fermera successivement toutes leurs vannes dans la mesure nécessaire et réalisable pour diminuer momentanément le flot passant par le bief accidenté ; chose possible alors, même en temps de crues, où l'effet de la retenue s'étendra jusqu'à Bodensee. D'où l'eau épandue trouvera immédiatement une surface au moins dix fois plus grande, et la ressource de n'y produire qu'une crue de 0<sup>m</sup>50 au lieu de plusieurs mètres actuellement en temps d'inondations annuelles.

Mieux encore, un avertisseur sonore *ad hoc* signalant une baisse d'eau anormale sur le bief accidenté vers son barrage, les vannes de ce dernier seront rapidement soulevées et l'effet de déversement immédiatement enrayé, quel que soit alors le débit du fleuve.

De plus, puisque la commande des vannes sera électrique, il sera loisible de leur assurer un fonctionnement automatique dans cette circonstance. D'où une sécurité qu'on ne saurait offrir aussi grande dans le voisinage de tout autre cours d'eau endigué, et pour la vallée du Rhin une quiétude qu'elle n'a jamais eue.

A cela, il convient d'ajouter que les localités exceptionnellement proches du Rhin sont sur des surfaces dominant le fleuve et rarement atteintes par les débordements.

Il va de soi que ce concours de l'ensemble des barrages sera précieux en toutes circonstances telles que les crues exceptionnelles d'affluents.

L'aménagement par canal, au contraire, fera empirer la situation, comme nous l'avons dit.

Le mode d'exécution des digues que nous proposons les mettra à l'abri de toute sous-pression. Il n'est guère d'exemples de digues à charge permanente partant instantanément sans que leur solidité ait été au préalable altérée, chose révélée par des fuites. Comme le grand mouillage offert aux bateaux ne sera pas utilisé de longtemps, celui assuré à l'aval de Lauterbourg ou de Strasbourg devant rester assez limité puisque aucun approfondissement n'y est prévu, il sera loisible, sans grand inconvénient, de donner aux digues une charge graduelle qui en démontrera la bonne exécution à la faveur d'une longue expérience. On prendra souci également de la modification aussi réduite que possible de l'état hydrologique dans les vals du Rhin, chose dont on sera maître par la profondeur des cunettes prévues longeant le pied du talus extérieur des digues ; ou en observant les lônes dont le niveau et le débit vers l'aval seront fonction d'assourcements venant du fleuve les transformer à la longue en abîmes, quand ces lônes ne seront pas alimentées par des affluents sous forme directe ou de résurgences.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques concernant les installations actuelles et futures par barrages successifs du Rhin supérieur.

La puissance maximum étant de 846.550 chevaux et celle installée de 777.000 chevaux, cette dernière sera donc en surcharge de 9 % en temps de crues durant lequel l'énergie maximum sera produite sur l'ensemble des aménagements. Nous comptons donner plus d'élasticité à l'utilisation du débit par les groupes électrogènes et accuser davantage l'utilisation de l'énergie résiduaire dans nos installations.

Tableau III

Situation	Longueur des retenues en kilomètres	Hauteur de Chute		Débit maximum utilisé prévu en mètres cubes d'eau	Puissance en Chevaux			Puissances en unités et force des turbines en chevaux	Puissance totale en chevaux
		en basses eaux	en hautes eaux, crues, 1 mètre à Bâle		Maximum	Minimum	assurée pendant 200 jours		
Birsfelden.....	8,7	7,72	6,24	1.000	67.000	19.900	50.700	12 × 5.000	60.000
Augst-Wyhlen ..	7,0	7,46	6,81	700	56.100	18.000	45.000	20 × 2.800	56.000
Rheinfelden.....	5,4	8,48	8,20	1.000	89.500	20.000	69.200	11 × 6.000	66.000
Schwörstadt....	12,8	11,85	11,52	1.000	131.400	27.900	102.600	10 × 12.000	120.000
Sackingen.....	8,7	6,40	5,57	1.000	62.500	15.100	47.100	12 × 5.000	60.000
Laufenbourg ...	8,8	10,94	9,91	720	81.000	25.200	69.500	10 × 5.500	55.000
Dogern .....	12,0	11,15	10,62	810	91.000	27.300	77.200	9 × 9.500	85.500
Koblentz. Kad...	10,8	11,30	10,76	420	47.600	13.500	37.200	5 × 8.000	40.000
Rekingen.....	11,5	9,43	8,81	425	41.500	11.400	31.300	5 × 8.000	40.000
Eglisau.....	19,7	15,77	10,75	330	40.000	12.900	34.200	7 × 6.500	45.500
Rheinau .....	10,4	11,20	10,85	317	41.700	11.700	30.000	5 × 8.000	40.000
Rheinfall.....	3,4	26,70	24,99	245	65.300	22.900	64.600	5 × 15.000	75.000
Schaffhausen....	16,0	8,23	5,22	360	23.000	5.900	16.000	6 × 4.000	24.000
Rheinklingen ...	30,8	3,77	2,71	340	8.950	3.400	6.000	5 × 2.000	10.000
					846.550	235.300	680.600		777.000



Tableau IV  
Usines entre Bâle et Strasbourg sur biefs dragués et digues surélevés

Barrages Usines	Chute moyenne constante	Débit moyen utilisé en mètres cubes			Puissance brute des usines en chevaux			Production moyenne annuelle en kilowatts-heure
		Quatre mois	Quatre mois	Quatre mois	minimum	moyenne	maximum	
1. Rosenau.....	11,75	650	1.050	1.530	102.000	165.000	240.000	875.000.000
2. Petit-Landau.....	11,75	660	1.050	1.530	101.000	165.000	240.000	878.000.000
3. Chalampé.....	11,75	665	1.050	1.530	104.500	165.000	240.000	878.000.000
4. Blodelsheim.....	9,75	670	1.060	1.530	87.000	138.000	199.000	719.000.000
5. Geiswasser.....	10,75	675	1.060	1.530	96.500	152.000	220.000	813.000.000
6. Biesheim.....	9,75	680	1.070	1.580	88.500	139.000	199.000	712.000.000
7. Marckolsheim.....	9,75	685	1.070	1.530	89.000	139.000	199.000	712.000.000
8. Schoenau.....	10,75	685	1.075	1.530	98.000	154.000	220.000	819.000.000
9. Diebolsheim.....	9,75	690	1.075	1.530	90.000	134.000	199.000	734.000.000
10. Gerstheim.....	7,80	695	1.080	1.530	72.000	112.000	158.000	593.000.000
11. Fort-Hoche.....	7,80	700	1.080	1.530	73.000	102.000	158.000	594.000.000
Totaux.....	111,35				1.004.500	1.575.000	2.272.000	8.390.000.000
<i>De Strasbourg à Lauterbourg.</i>								
12. Fort-Blumenthal.....	7,15	705	1.085	1.530	70.000	108.000	152.000	573.000.000
13. Helmlingen.....	8,50	715	1.095	1.535	81.000	124.000	174.000	666.000.000
14. Fort-Louis.....	8,50	725	1.105	1.540	82.500	126.000	175.000	682.000.000
15. Munchouse.....	6,50	730	1.110	1.550	63.500	96.000	117.000	179.000.000
16. Neubourg.....	6,50	740	1.120	1.550	64.000	97.000	134.000	512.000.000
	37,45				361.000	551.000	752.000	2.912.000.000
Totaux généraux.....	148,80				1.365.500	2.126.000	3.024.000	11.302.000.000

## DEUXIÈME PARTIE

## Contribution à la discussion des projets d'aménagement du Rhin au moyen des deux méthodes proposées.

Les principales objections formulées par les rapports administratifs contre la canalisation directe du fleuve sont exposées ci-après avec les réponses qu'elles motivent. *Les objections sont imprimées en italique.*

1° *On ne peut pas établir des barrages élevés dans la plaine d'Alsace, le lit n'étant pas encaissé comme à l'amont de Bâle.*

Avec notre méthode, cette critique ne se justifie plus grâce à l'approfondissement proposé. Disons toutefois, en ce qui concerne les digues nécessaires : qu'elles aient, pour une hauteur déterminée, à supporter la pression de l'eau du fleuve ou de l'eau du canal, dans les deux cas ces digues s'imposent. Mais dans notre projet, les digues, même avec une revanche d'eau facultative de 4 mètres que ne prévoit pas le canal, auront un relief sur la vallée de 4 mètres moins élevé que celui prévu pour les digues de canal (fig. 7). D'où un cube presque quatre fois moindre. On conçoit sans peine que le colmatage du fond qui s'impose pour le canal à une cote généralement plus élevée que celle du fleuve, ne se justifiera pas pour le lit mineur du fleuve approfondi, dont l'eau ne sera en potentiel qu'au voisinage des barrages sur des digues copieusement étanchées par les palplanches. Or les précédents de barrages et digues offrant une difficulté analogue, sans peine vaincue, sont nombreux ! (Les barrages du Drac à Grenoble, de la basse Isère, vers Valence, de Pougny-Chancy sur le Rhône, etc...).

Notre méthode a raison amplement de la critique médiocre formulée contre la hauteur des barrages possibles dans le lit ; et il est de toute évidence qu'on pourra tout aussi bien établir dix autres barrages sur le fleuve, de plus de 10 mètres de hauteur de retenue, à la suite de celui prévu à Huningue par les *canalistes* qui, ne pouvant en éviter la construction, la trouvent facilement réalisable avec 8 mètres de retenue. Mais grâce à l'approfondissement, nous pourrions, si nous le voulons, ne pas excéder la pression exercée sur les rives à Huningue dans le voisinage de tous nos barrages !

2° *Les barrages seront difficiles à construire et à entretenir et seront exposés aux crues du fleuve.*

Mais on a l'expérience de leur construction et de leur entretien : peut-on en dire autant d'un canal mixte dont le rôle est universellement condamné, parce que : 1° peu praticable à la navigation à cause de la trop grande vitesse de l'eau, en écoulement ; 2° exigeant des dessablages annuels coûteux ; 3° des frais d'établissement et d'entretien des berges qui augmentent géométriquement avec la vitesse de l'eau ; 4° ne se prêtant pas à une majoration appréciable du volume d'eau à utiliser ; 5° ne permettant pas des embâcles, plus accessible au gel ; 6° enfin la comparaison que nous avons faite du capital à investir pour l'aménagement d'un kilowatt-heure suivant l'une ou l'autre méthode devant convaincre les plus prévenus contre la canalisation du fleuve.

La conséquence, pour une crue même de 5.000 mètres cubes, fort rare sur le Rhin, sera, pour des vannes d'une largeur totale supposée de 200 mètres au plus, pour chaque barrage, d'être soulevées de moins de la moitié de leur hauteur, soit de 5 mètres (1) ; ce qui, avec les équipements électriques de manœuvre des vannes Stonay, demandera quelques minutes. Comme on disposera alors de plus de la moitié de la hauteur de chute et que cette hauteur sera compensée par une majoration de débit, on ne s'apercevra de la situation critique créée par la crue extraordinaire qui, même avec le débit de 5.000 mètres cubes, pourra être entièrement écoulee par la section endiguée comme le calcul le justifie, même si on ne réalise pas l'élargissement proposé.

Mais jusqu'à la mise en charge de chaque barrage, l'ouvrage en son entier, les pertuis des écluses en particulier, n'offriront pas plus d'obstacle à la circulation que la création d'un pont, sauf pour l'exécution successive des radiers des vannes offrant un encombrement tout au plus à la fois de un huitième de la largeur du lit du fleuve.

3° *Un grand nombre d'écluses à traverser, outre le passage des sept ponts de bateaux.*

Les onze grands barrages prévus, offrant la ressource d'autant de grands ponts carrossables, feront disparaître l'intérêt des sept

(1) Pour 200 mètres de largeur totale des vannes, on aura un débit de  $200 \times 5 \times 0,62 \times \sqrt{2g \times 7,5} = 7.500$  mètres cubes à la seconde, soit moitié plus que le nécessaire.

ponts de bateaux, et la manœuvre des écluses moins longue par notre moyen que celle nécessaire aux ponts de bateaux.

4° *La vitesse de l'eau sera, à l'amont des biefs, sensiblement la même qu'actuellement et gênante pour la navigation.*

Nous avons montré cette vitesse réduite, en temps de débit moyen de 1.150 mètres cubes, à 0<sup>m</sup>63 à la seconde, dans la partie la plus réduite de notre canalisation à l'aval des barrages, alors que le dragage général aura été effectué ; la vitesse sera réduite à 0<sup>m</sup>20 environ à leur amont ; mieux encore : ces chiffres seront réduits de moitié, si on endigue un lit majeur de 600 mètres de largeur. Dans le canal, la vitesse constante sur sa longueur serait donc le double ou le quadruple de celle à prévoir sur les biefs du fleuve canalisé.

5° *En temps de crues, la navigation sera rendue difficile.*

Cette critique ne s'applique pas à notre méthode : dans les grandes crues annuelles de 3.000 mètres cubes, on n'aura que 1<sup>m</sup>.40 de vitesse de l'eau à l'amont des biefs, et moitié moins si on donne à ces biefs la largeur proposée de 600 mètres, vitesse deux fois moindre encore vers les barrages ; alors que dans un canal, on envisage une vitesse sur toute sa longueur, de 1<sup>m</sup>20. D'où, avec presque deux fois moins d'eau employée, une vitesse moyenne de l'eau double ou quadruple dans le canal. Et même si, dans des cas exceptionnels, qu'on ne saurait prévoir même en se montrant aussi pessimiste qu'on voudra pour les calculs, on doit permettre à une partie de l'eau de circuler en dehors des digues sur son domaine actuel, on ne troublera pas, par ce fait, la navigation et la production de la force motrice sur chaque bief endigué, alors que la navigation sur le canal sera paralysée par son isolement aux issues vers un fleuve en crue.

6° *Pourquoi parler de dragages dans les biefs du fleuve aménagé consécutifs à chaque crue ?*

Le fleuve ne charrie presque actuellement que son propre fond, rien à peu près ne lui venant de l'amont, les affluents étant généralement des émissaires de lacs suisses. Qu'aura-t-il à déplacer lorsque, par le grand dragage que nous proposons, on aura établi, si l'on veut, la courbe d'équilibre justifiée dans chacun des biefs ? On n'est nullement gêné par les apports aux barrages alpins, en particulier à Chèvres, sur le Rhône, où passent cependant, sans nécessité de dragages, les 600.000 mètres cubes d'alluvions amenés annuellement par l'Arve.

Comme à Chèvres, on pratiquera la propulsion, à l'aval de chaque bief, des alluvions à la faveur de chasses d'eau effectuées une ou deux fois par an, le bief à dessabler préalablement affamé ; si toutefois le courant pouvant atteindre plus de 2 mètres au fond, durant les très grandes crues, ne déplace pas ces alluvions en entier alors qu'une vitesse de 0<sup>m</sup>60 généralement doit suffire à les faire circuler. Le curage, dès que les atterrissements se manifesteront, sera remplacé par les hersages, provoquant la mobilisation des alluvions dans le courant.

7° *On disposerait sur le fleuve de petites chutes annihilées au temps de crues et donnant au total moins de force que le canal latéral.*

Notre méthode change tout cela.

On sait que les aménagements par canalisation des fleuves sont généralement payants, surtout dès qu'on arrive à pouvoir utiliser la pente sur des barrages de 6 mètres de hauteur, plus que sur des dérivations même relativement courtes ; or nous proposons de donner de 8 à 13 mètres à la hauteur des retenues, chiffres que l'approfondissement général permettra peut-être de dépasser en vue de la réduction du nombre des biefs qu'on pourra peut-être envisager à la faveur d'une étude plus complète. Nous ne voyons pas pourquoi on sera plus audacieux dans l'adoption de plus grandes hauteurs de chute sur le canal où on rencontrera une difficulté beaucoup plus coûteuse d'empêcher les filtrations souterraines.

Au contraire, pour les digues du fleuve, celle du côté de la rive badoise sera établie sur un sol en pente assez élevée et rempli de laves pour lequel les filtrations moins chanceuses n'auront aucune importance. Du reste, le voile en palplanches métalliques étanchera copieusement la section jusqu'aux masses compactes argileuses reconnues dans le substratum. Tandis que le canal, forcément à une cote générale plus élevée que le lit du fleuve ap-

profondi, aura ses deux digues en perpétuel état préoccupant. Puis, la perte d'eau, définitive pour le canal, tandis que les filtrations reviendront toujours rendre l'eau dans les biefs inférieurs du fleuve aménagé.

Lorsque se produiront des étiages d'été, en perspective de plus en plus avec la régression bien constatée de la surface des glaciers, comment acceptera-t-on le prélèvement sur le minimum de 300 mètres cubes des 200 mètres cubes d'eau à la seconde réclamés impérieusement par les irrigations, les besoins d'édilité, etc. ?

Quant à la question de la ressource en force motrice, la justification que nous avons faite de produire pratiquement plus de 11 milliards de kilowatt-heure, l'aménagement poussé jusqu'à Lauterbourg, au lieu de 5 milliards par le canal qu'on ne peut pratiquement prolonger au delà de Strasbourg (ou seulement 4 milliards 400 millions, maximum suivant nos estimations), montre que l'objection faite est sans fondement.

8° *Le projet mixte de barrages et dérivations successives n'est pas à retenir.*

C'est notre avis, car on accroîtrait la dépense dans des conditions injustifiées par les résultats à en attendre.

9° *L'administration s'estime liée par le Traité de Versailles en ce qui concerne la dérivation du fleuve.*

En vertu de cette théorie, on devra donc consacrer le principe d'une œuvre antiéconomique et antisociale ! Mais l'article 358 du traité de paix spécifie que la France n'est pas affranchie de s'assurer que l'œuvre est rationnelle et susceptible de ne causer aucun préjudice aux autres Etats.

10° *On ferait acte antipatriotique et le jeu des ennemis si on rendait irréalisable le projet de canal latéral.*

Le soussigné s'honore de faire une œuvre patriotique de la plus haute importance en s'efforçant de réagir contre l'aveuglement de ceux qui, sciemment ou inconsciemment, s'évertuent à faire adopter une solution antiéconomique, déjà, par ce fait, en contradiction avec l'esprit du Traité de Versailles, et pouvant avoir les conséquences les plus épouvantables pour la tranquillité universelle dans l'avenir.

11° *Pour la voie navigable, on n'a aucun intérêt à la voir réalisée entre Strasbourg et Lyon par la Suisse. Il convient, au contraire, de faire tous les efforts nécessaires pour améliorer la voie française.*

Nous donnons d'autre part la justification de notre manière de voir à ce propos qui repose sur des considérations économiques indiscutables pour la France et tous les Etats intéressés.

12° *On ne peut dire que la France doit se désintéresser de ce qui devra être fait à l'amont de Bâle : un problème d'une très grande importance y est attaché, celui de la régularisation du débit des lacs devant permettre une majoration sensible de la puissance d'étiage et, surtout, un soutien de pointe exceptionnel dans la variation du débit à l'aval du Boden-See dont toutes les usines du Rhin doivent bénéficier ; comme il en sera sur le Rhône, si on donne à la grande usine à établir vers Génissiat le caractère que nous proposons de lui octroyer, d'assurer non seulement la pointe saisonnière mais quotidienne pour l'ensemble des distributions françaises rattachées à la production sur le Rhône. Il y a tout à réaliser sur le haut Rhin comme sur le bas Rhin au mieux de l'intérêt général, et la France ne doit pas, au nom d'un sentiment étroit de ses droits, sacrifier cet intérêt économique supérieur qui est le sien en particulier tout en étant international.*

Si les Allemands ont pu, à l'occasion, parler de quatorze barrages à établir entre Bâle et Strasbourg, il n'est pas prouvé qu'ils repousseraient une solution ne comportant qu'une dizaine de retenues et même peut-être moins, en faisant état d'un grand approfondissement du fleuve à l'amont de chaque bief comme nous le proposons ; ce qui permettra de réduire en conséquence davantage le relief des retenues dont on redoute la pression de l'eau exercée favorisant les infiltrations.

(A suivre.)