Le dessableur cloisonné d'Innertkirchen

The Innertkirchen partitioned sand trap

PAR P. GARIEL

INGÉNIEUR A LA SOCIÉTÉ GRENOBLOISE D'ÉTUDES ET D'APPLICATIONS HYDRAULIQUES
(SOGREAH, GRENOBLE)

C'est sur une adduction secondaire de la centrale d'Innertkirchen (Suisse) qu'a été installé le premier dessableur cloisonné important. L'auteur décrit l'ouvrage classique primitivement adopté et sa transformation par l'adjonction d'un cloisonnement muni d'organes de recueil des dépôts. L'efficacité se trouve ainsi grandement augmentée du fait de la réduction de la hauteur de chute libre des grains. Grâce aux dispositions adoptées à la suite d'une étude sur modèle réduit, l'ouvrage arrête environ les trois quarts des grains de un dixième de millimètre et les dépôts sont évacués sans aucune difficulté moyennant une perte d'eau très faible.

The first important partitioned sand trap was installed in an auxiliary supply tunnel of the Innertkirchen power station, Switzerland. The author describes the conventional structure as originally taken together with the alterations carried out by the attachment of a partition assembly fitted with deposit receivers. In this way the efficiency is greatly improved owing to the reduction in free fall height of the particles. As a result of the modifications made after a scale model investigation, the structure stops about three quarters of the approximately 0.1 mm particles and the deposits are taken away without any difficulty and with only a very slight water loss.

INTRODUCTION

A la fin du printemps de 1955, une nouvelle adduction d'eau à la centrale d'Innertkirchen était mise en service. Elle avait pour but d'alimenter cette centrale avec les eaux de fonte des glaciers de la Trift et de Stein et celles du vallon de Gadmen, épargnant ainsi des eaux de lacs artificiels précieuses pour l'hiver.

Cette nouvelle adduction aboutissant dans la galerie d'amenée posait un problème de dessablage important : n'était-il pas dangereux d'envoyer des eaux glaciaires, donc forcément sableuses, sur des turbines qui ne s'usaient pas auparavant puisqu'elles étaient alimentées par des eaux de lacs ?

Pour réduire ce risque sérieux au minimum, on avait prévu un dessableur classique à chacune des trois nouvelles prises d'eau, mais en 1953, les ouvrages étant déjà en construction, une manœuvre d'ailleurs volontaire des vannes, ayant pour but de curer un des lacs supérieurs des dépôts qu'il contenait, eut pour résultat d'user les machines en onze jours infiniment

plus que pendant les onze années d'exploitation normale qui venaient de s'écouler. Pourtant les grains responsables de l'usure étaient surtout du limon inférieur à 50 microns avec un grain moyen assez voisin de 5 microns.

Cette expérience incita le Maître de l'Œuvre à réexaminer les précautions de dessablage qui avaient été prises en vue de les augmenter si la chose était possible. Cela apparut comme superflu pour deux des nouvelles prises, mais pour la troisième, celle du glacier de Trift, il parut indispensable de faire un effort spécial vu l'abondance des sables contenus dans les eaux à certaines époques.

Il ne s'agissait pas, bien entendu, d'arrêter les grains de limon (indécantables sinon dans des lacs) qui usent les machines à coup sûr mais lentement, mais les sables plus grossiers qui peuvent provoquer des usures massives et soudaines lors des violentes intempéries.

La Société des Kraftwerke Oberhasli décida

donc de transformer le dessableur de la Trift en *dessableur cloisonné*, suivant les dispositions brevetées par les Etablissements Neyrpic, qui permettait une amélioration considérable tout en restant économiquement acceptable.

L'ouvrage étant déjà à moitié construit, il fallait apporter cette amélioration dans un cadre existant, ce qui entraînait des sujétions supplé-

mentaires. De plus, en raison du caractère de nouveauté des améliorations proposées, il fut décidé d'effectuer une étude sur modèle réduit de l'ensemble de l'ouvrage que nous allons situer dans son cadre et décrire rapidement.

Comme on le verra en terminant, on est parvenu à un ouvrage d'exploitation facile et d'une haute efficacité.

I. — L'OUVRAGE ET SON CADRE

Le torrent de la Trift, qui descend du glacier du même nom en quelque sorte adossé au glacier du Rhône, est coupé à la cote 1324,50 par un petit barrage poids qui forme la retenue (fig. 1). La configuration des lieux, la nature du terrain, les nécessités imposées par le passage à proximité de la galerie provenant des prises plus en amont, ont conduit à un ensemble original qui fut conçu par M. Juillard, ingénieur-conseil

à Berne, à cette époque ingénieur en chef des Kraftwerke Oberhasli.

Le vallon est étroit, ses flancs couverts d'éboulis instables granitiques. Le barrage, d'une longueur de 78 m en crête, est en deux parties : la partie déversante, pavée de granit, est creuse, pour des raisons d'économie de béton et de circulation du personnel pour accéder à la chambre qui contient la vanne de fond, du type secteur.

FIG. 1.

Vue d'ensemble du barrage déversant contenant le dessableur.

L'autre partie, côté rive droite, plus élevée, est creuse également, car elle contient la grande chambre de dessablage dont il va être question et un long couloir de circulation. Le tout est couvert d'une forte dalle surmontée d'une épaisse couche de cailloutis protectrice contre les chutes de rochers et les avalanches, dont la photographie montre des résidus.

Dans cette zone, la pente du torrent est de 18,5 %. Le débit de prise est au maximum de 6,75 m³/s, soit environ le quart du débit absorbé par la centrale, mais, les jours de grandes crues, le torrent débite bien davantage; les eaux sont alors jaunâtres, chargées de limon glaciaire et de sable siliceux.

Le glacier occupe 90 % du bassin versant qui est entièrement composé de roches cristallines : granites ou schistes métamorphiques. Les sables en suspension sont presque exclusivement quartzeux, à grains possédant des arêtes très tranchantes.

On voit sur la photographie la prise, avec ses grilles fines, arrangée pour prendre spécialement l'eau de surface de la retenue. Sa disposition oblige l'eau à franchir un coude à 45° pour pénétrer dans la chambre de dessablage. On peut remarquer que la surface en plan de cette chambre ne représente qu'une faible fraction de la

bien avec les formes du rocher et les nécessités de l'exploitation.

Selon le projet initial, l'eau purifiée devait s'évacuer par deux fentes ménagées dans le plafond et par un orifice aval alimentant un collecteur latéral aboutissant à un puits dont la section était calibrée pour débiter 6,75 m³/s pour un niveau amont à la cote de 1.324,50.

Une petite galerie munie d'une vanne à glissement aboutissait au fond de l'ouvrage, destinée à évacuer les dépôts par des vidanges complètes de durée appropriée.

Comme on le voit sur cette même figure, c'est par l'installation d'un cloisonnement approprié dans la partie aval que l'ouvrage a été amélioré.

Vu la forme de la chambre, il n'est pas très facile de calculer exactement l'efficacité de ce dessableur avant modification : la forte divergence à l'entrée, le coude à 45°, la profondeur variable, l'extraction de l'eau en trois points du plafond compliquent le calcul si on le veut exact.

On peut simplifier en considérant simplement la partie rectiligne de la chambre, de 6 m de largeur et 30 m de longueur, soit une surface en plan de 180 m². On peut montrer qu'en eau calme, la vitesse de chute du grain le plus fin se trouvant à la partie supérieure de la section

FIG. 2.

Coupe en long développée du dessableur.

A gauche, la partie de l'ouvrage où se trouve le cloisonnement.

surface de la retenue, ce qui est une disposition excellente facilitant la décantation de beaucoup de sable avant que l'eau ne pénétre dans le dessableur.

La forme de la chambre de dessablage apparaît sur la figure 2 qui est une coupe en long, développée à cause du coude à 45° entre les parties amont et aval de l'ouvrage.

La largeur est de 6 m sur toute la longueur de la chambre qui est de 50 m au total, dont 34 m de plafond pour la partie rectiligne aval.

Le radier est incliné à 75 % dans la partie amont, horizontal dans la zone de profondeur maximum (13 m), 10 % au centre et remonte à 45° à l'extrémité aval. Cette forme s'harmonisait

d'entrée qui est totalement décanlé, a pour valeur :

$$W = \frac{Q}{S} = \frac{6,75 \text{ m}^3/\text{s}}{80 \text{ m}^2} = 37 \text{ mm/s.}$$

ce qui correspond à un grain de silice sphérique de 3/10^{es} de mm environ tombant dans l'eau à 10°.

Ce calcul est optimiste car il néglige tous les phénomènes parasites tels que la turbulence et les perturbations venant de l'entrée. Si l'on admet, avec ce calcul, que l'on décante 100 % des grains de 3/10^{es} et que les grains plus fins sont décantés proportionnellement au rapport de leur vitesse de chute à celle du grain de 3/10^{es}, les

efficacité sur ces différents grains seraient celles du tableau I :

TABLEAU I

Diamètre en mm	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,075	0,050
Efficacité %	100	75	57	36	18	8	3,5

Ces valeurs sont plutôt exagérées. Cependant, ce dessableur eût été aussi efficace que les ouvrages courants; d'ailleurs, on n'aurait pas trouvé à l'aval des grains de l'ordre de $3/10^{\text{es}}$, pour la raison qu'ils sont presque tous arrêtés par la retenue elle-même.

II. — CLOISONNEMENT ET MODÈLE RÉDUIT

L'augmentation importante de l'efficacité de l'ouvrage a été obtenue par l'installation dans la partie aval d'un cloisonnement muni d'organes de recueil appropriés.

FIG. 3.
Vue du cloisonnement de la chambre de dessablage
(d'après modèle réduit).

Comme nous avons déjà eu l'occasion de l'exposer (1), et la chose est bien connue, le fait

de disposer dans un grand volume des cloisons multiples augmente l'efficacité de la décantation puisque la hauteur de chute libre des grains est divisée dans le rapport de la profondeur totale à la distance verticale séparant deux cloisons. On a donc intérêt à les rapprocher le plus possible. Il faut, de plus, que les cloisons soient assez inclinées pour que les dépôts puissent y glisser librement, mais c'est insuffisant. Il est essentiel que des organes de recueil de forme appropriée collectent les dépôts qui s'écoulent des cloisons et les conduisent vers la partie basse de l'ouvrage sans remise en suspension notable, autrement l'efficacité du système se trouverait fortement compromise, sinon ruinée.

Ces organes de recueil conduisent les dépôts jusqu'à la fosse de stockage, au fond de laquelle se trouvent les points d'évacuation.

Pour des raisons d'hydraulique et de construction, on a été amené à réaliser la disposition représentée sur la figure 3 qui comporte une travée centrale et deux demi-travées latérales : les plaques sont en forme de toit au milieu et de demi-toit latéralement. Elles s'appuient sur deux charpentes qui constituent des cloisons creuses verticales qui servent à la fois de supports et d'organes de recueil. L'ensemble a été construit en alliage léger aluminium-magnésium et pesait environ 25 tonnes.

L'ouvrage se prêtait bien à cette disposition par ses formes et parce que la vitesse moyenne dans la partie cloisonnée pouvait être de 8 à 9 cm/s pour le débit maximum; on était donc bien en dessous de la vitesse à partir de laquelle les dépôts auraient été emportés par le courant vers le haut, ce qui eût été néfaste pour l'efficacité (2).

Comme on le voit sur la figure 2, le cloisonnement divise l'espace en 5 batteries de tubes inclinés allant de 4 à 13,40 m de long. Les cloisons sont distantes entre elles de 0,60 m, sauf pour

(1) *La Houille Blanche*, N° spécial B, octobre 1951, P. GARIEL : « Nouvelles dispositions de dessableur », p. 630 à 639.

(2) *La Houille Blanche*, N° spécial S.H.F. : Deuxièmes Journées de l'Hydraulique, 25-29 juin 1952, P. GARIEL et J. P. RAYNAUD : « Evolution de la décantation dans le passage de l'écoulement laminaire à l'écoulement turbulent et phénomènes de charriage dans les dessableurs à espace cloisonné ».

Fig. 4.
Cloisonnement essayé sur le modèle réduit.

les trois tubes les plus courts, pour lesquels cette distance a été ramenée à 0,45 m. La hauteur de chute libre des grains se trouve donc réduite à 0,85 m au maximum; elle est donc dix à douze fois plus faible que la profondeur totale de l'ouvrage.

L'eau purifiée est évacuée par 5 fentes ménagées dans le plafond et par l'orifice aval. L'une des fentes se trouve en amont du cloisonnement et prend l'eau qui s'est décantée le long du plafond.

La figure 4 représente le cloisonnement essayé sur un modèle réduit au 1/20^e, construit en plexiglass, ce qui permettait de bien voir les écoulements.

Le but de ce modèle était :

- D'observer les écoulements et de vérifier le bon fonctionnement des organes de recueil;
- De déterminer les formes et dimensions des fentes d'évacuation de l'eau décantée;
- De mettre au point les dispositions permettant d'opérer facilement la purge permanente des sables fins sous le cloisonnement et la chasse périodique des dépôts plus grossiers rassemblés sur le radier amont.

Il a permis également de faire certaines mesures d'efficacité pour comparer entre elles diverses solutions, mais non pour déterminer l'efficacité réelle de l'ouvrage, qui pouvait être calculée.

On a cherché sur le modèle les formes donnant la meilleure efficacité, en étant sûr que ces mêmes formes donneraient également la meilleure efficacité dans la réalité. Des dispositions particulières ont permis de passer sur le modèle un débit allant jusqu'à 8 litres par seconde, alors que le débit maximum en similitude de Froude était de 3,77 l/s, de façon à avoir un nombre de Reynolds plus élevé dans le cloisonnement.

Grâce au modèle, il a été possible de remédier à quelques défauts : d'abord en infléchissant vers le bas le plafond immédiatement à l'entrée et en plaçant deux grilles en série à l'aval du coude, on a pu annuler les perturbations d'entrée et alimenter uniformément la partie rectiligne de la chambre de dessablage. Sans cela, l'efficacité était mauvaise.

On a pu régler les vitesses dans les tubes à des valeurs sensiblement proportionnelles à leurs longueurs, alors que, sans précautions, il y avait certains tubes dans lesquels l'eau coulait en sens inverse du sens prévu. De même, on a ajusté la forme des organes de recueil pour que le sable y descende aisément à tous les régimes. Le modèle a permis de constater qu'avec les formes définitives, le sable arrivait régulièrement dans la fosse aval avec seulement une légère remise en suspension à la base quand l'eau était très chargée, mais le nuage ainsi formé se décantait dans les tubes les plus bas.

Un autre point extrêmement important, que l'on a regardé de très près, concerne l'évacuation des dépôts. En effet, un dessableur ne peut pas fonctionner avec sécurité sans une évacuation irréprochable.

En marche normale, donc avec l'ouvrage en charge, les gros sables se déposent sur le radier amont et y restent immobiles, car les courants sont faibles; les sables fins se déposent sous le cloisonnement dans la fosse réservée à cet effet et s'y accumulent beaucoup plus rapidement que sur le radier à cause du cloisonnement, si bien qu'il faut purger en permanence, sinon tout serait rapidement engorgé.

Une complication venait du fait qu'une seule vanne de chasse était prévue; cette difficulté a pu être tournée facilement. On a placé trois conduites aboutissant à l'amont dans la fosse des sables fins et à l'aval contre la face de la vanne

à glissement. De cette manière, en levant cette vanne de 5 cm, on peut assurer une purge des sables fins en perdant 60 l/s seulement; en levant la vanne de 20 cm, cette chasse se fait à plus de 1 m³/s, et en levant la vanne en plein, en même temps que celle de la retenue, on vide l'ouvrage; le violent courant emporte alors tous les dépôts du radier.

Le dispositif a été complété par une tuyauterie prenant l'eau dans la retenue et l'injectant dans les trois conduites d'évacuation des sables fins à chaque vidange, ce qui supprime tous les risques d'obstruction de ces conduites, quoi qu'il arrive. Le modèle montra que cette disposition présentait un intérêt, car ces conduites pouvaient s'obstruer lors des chasses sur le radier, qui pouvaient apporter plusieurs mètres d'épaisseur de sable sur ces conduites si elles étaient effectuées trop violemment.

III. — EXPLOITATION DE L'OUVRAGE

Les deux premières années d'exploitation ont permis de constater l'excellente efficacité de l'ouvrage comme la facilité de son exploitation.

Dès après la mise en eau en 1955, une campagne de mesure fut entreprise en profitant des eaux de fonte des neiges, légèrement chargées en sable. On opéra par prélèvements continus dans des bidons de 200 litres ou avec des cyclones.

Bien que ces mesures aient été rendues délicates par suite des fluctuations de teneur à l'entrée de l'ouvrage, elles ont permis de tracer la courbe d'efficacité de l'ouvrage dont les éléments figurent dans le tableau II :

TABLEAU II

Diamètre	en mm	0,4	0,3	0,2	0,150	0,100	0,075	0,050
Décanté	%	99	98	97,5	95	72	53	30

Les gros grains non arrêtés étaient des paillettes à faible vitesse de chute. A partir de 2/10^{es} de mm, il y avait des grains à peu près sphériques non arrêtés provenant de la fente amont non intéressée par le cloisonnement.

On peut caractériser l'ouvrage en disant qu'il arrête 72 % des grains de 0,100 mm et sensiblement tous les 0,2 mm, ce qui est conforme aux résultats du calcul de la décantation dans les tubes élémentaires inclinés. La méthode de calcul tenait compte de la turbulence.

En comparant les chiffres des tableaux I et II, on constate que l'on divise par des nombres com-

pris entre 1,36 et 10 les quantités de sable de 0,05 à 2 mm qui échappent au dessableur, c'est-à-dire qui iraient user les machines. Comme les chiffres du tableau I étaient optimistes, on peut estimer que l'on diviserait par des nombres qui seraient plutôt compris entre 2 et 20 la quantité de sable, de respectivement 0,050 et 0,2 mm, allant aux turbines.

Pour chiffrer le gain exact procuré par le cloisonnement, il faudrait connaître la granulométrie moyenne exacte du sable entrant dans l'ouvrage. Cela n'a pas pu être fait mais des essais sur le modèle, avec et sans cloisonnement, en prenant un sable supposé représentatif de celui du torrent de la Trift, ont montré que, pour produire le même effet de décantation, il fallait prendre le dessableur cloisonné ou bien 3 à 4 dessableurs sans le cloisonnement. Evidemment, la topographie des lieux, comme aussi l'économie du projet, ne permettaient pas d'adopter cette dernière solution.

L'exploitation de l'ouvrage s'est faite sans difficulté, bien que les vannes soient télécommandées depuis plus de 15 km. Elle sera encore facilitée par la prochaine mise en service d'un télétransmetteur d'épaisseur de sable Sineyreo qui permettra d'économiser en période de basses eaux sur le 1 % de débit perdu pour la purge permanente, car on ne pratiquera les purges que lorsque l'appareil indiquera qu'il y a des dépôts en quantité trop abondante.

Il faut dire que la retenue arrête déjà beau-

coup de matériaux : la presque totalité du sable plus gros que 0,4 mm, ce qui soulage d'autant le dessableur. Mais celui-ci aurait fort bien pu s'accommoder des matériaux plus grossiers, allant jusqu'aux gravillons de 3 ou 4 mm sans

nuire au bon fonctionnement de la purge permanente, qui n'est intéressée que par les sables fins. Mais le contrôle de l'importance des dépôts et de l'opportunité des chasses eût été plus difficile.

CONCLUSION

L'installation d'un cloisonnement approprié dans le dessableur de la Trift a permis d'en améliorer considérablement l'efficacité. Il arrête en effet 72 % des grains de sable de 0,1 mm au lieu de moins de 18 % sans ce cloisonnement.

Plusieurs détails importants ont été mis au point sur un modèle réduit qui a permis de choisir les formes les plus favorables.

Le résultat est que, finalement, sans changer le cadre général de l'ouvrage, l'efficacité obtenue

grâce au cloisonnement est la même que celle que l'on aurait obtenue en partageant le débit entre 3 ou 4 dessableurs en parallèle. De plus, les dispositions adoptées permettent d'évacuer une grande partie des dépôts au prix d'une consommation d'eau infime : moins de 1 % du débit traité.

Il semble bien que seul l'emploi d'un cloisonnement de l'ouvrage permettait d'atteindre un tel résultat.

DISCUSSION

(Président : M. Maurice GARIEL)

M. le Président rappelle que l'appareil installé *in situ* à la suite des essais rapportés par M. Paul GARIEL a permis une alimentation de l'usine dans de très bonnes conditions. Il demande si le débit de 1 %, donné comme suffisant pour assurer, en l'espèce, l'évacuation des dépôts, a été obtenu déjà dans d'autres installations de dessableurs.

M. REMENIERAS indique que ce débit est, en général, cinq fois plus grand.

M. LABAYE précise que l'on peut descendre jusqu'à des débits de 2 % avec des dessableurs discontinus mis en service par une horloge automatique, et plus bas avec des dégraveurs-dessableurs à détecteurs, mis au point par M. Molbert à la R.E.H. Alpes-II d'E.D.F., et en cours de montage à l'heure actuelle sur diverses prises.

Sur la demande de M. MOLBERT, relative à l'éventualité d'un dégravage préalable, M. Paul GARIEL indique que les gros grains peuvent se déposer sur le grand radier amont du dessableur sans gêner le cloisonnement et être évacués par un courant violent après vidange de l'ouvrage (chasse discontinue); parallèlement, une purge continue évacue tout ce qui est arrêté par le cloisonnement lui-même. Par ailleurs, des essais faits sur le modèle en inclinant le radier ont permis de constater que l'on pouvait alimenter le dessableur cloisonné avec radier incliné à 45°, donc supprimer toute la chambre amont et avoir la même efficacité.

Répondant à de nouvelles questions de M. MOLBERT et de M. LABAYE, M. Paul GARIEL indique que l'étendue du bassin versant est de l'ordre de 50 km² avec 90 % de la surface occupée par le glacier, et celle de la retenue, de 800 m² environ; celle-ci atténue les faibles irrégularités du régime et l'exploitation fait des purges systématiques, en principe, tous les dimanches et après les pluies d'orage.

En ce qui concerne l'utilisation du dessableur dans le cas d'une prise en dessous, envisagée par M. MOLBERT, M. Paul GARIEL précise qu'un tel dessableur, associé à un

dégraveur, est en cours de réalisation en Argentine; le souci de ne pas perdre trop d'eau conduit à réduire l'orifice de la purge permanente, et à dégraver à l'amont du dessableur, afin d'éviter que cet orifice ne se bouche. Le dégrèvement se fait au moyen d'une simple fosse installée juste à l'amont du dessableur et dans laquelle les graviers tombent de façon continue. Les sables sont donc purgés par un orifice différent de celui du dégraveur.

Le risque de fortes pertes d'eau au cours du dégravage est réduit par son intermittence; il faut, néanmoins, une surveillance qui est sans doute évitée avec les dégraveurs automatiques avec horloge.

Sur la demande de M. PONSARD, M. Paul GARIEL indique que l'efficacité n'est réduite par la concentration qu'à partir de 50 grammes par litre.

M. QUESNEL estime que le dessablage des eaux du torrent ayant essentiellement pour objet d'éviter une usure prématurée des aubes des turbines de l'usine, et cette usure ayant été constatée avec des suspensions de 5 à 10 microns, il serait intéressant de connaître, pour des vitesses d'injection et des concentrations déterminées, l'influence du calibre moyen des particules en suspension, d'abord avec des limites inférieures et supérieures assez voisines (suspensions à granulométrie uniforme), puis avec des limites de plus en plus différenciées.

La réduction de la concentration, pour intéressante, essentielle même qu'elle soit, n'est pas en l'espèce le but recherché, le critérium unique de la réussite de l'opération.

La connaissance de l'influence du calibre des suspensions permettrait une meilleure orientation des processus de dessablage, et une meilleure adaptation des dispositions des dessableurs aux effets que l'on en escompte en la circonstance. Elle n'est donc pas dénuée d'intérêt, bien au contraire.

M. Paul GARIEL indique que de telles mesures de granulométrie ont été faites à Innertkirchen, mais qu'elles

ne se sont pas étendues sur un temps suffisamment long pour permettre des comparaisons valables; de toute façon, il ne paraît pas possible de réduire l'usure due aux grains très fins.

M. BONNIN signale que l'usure des turbines de haute chute est due essentiellement aux grains fins en suspension. Ce phénomène peut être attribué en grande partie au fait que les grains plus gros n'atteignent qu'une vitesse sensiblement plus faible que celle des jets d'une Pelton; à titre d'exemple, des grains de $3/10^{\text{e}}$ de mm peuvent n'emmagasiner que 10 % de l'énergie cinétique qu'ils auraient à la vitesse du jet.

Des expériences conduites en laboratoire avec des sables de $1/10^{\text{e}}$ de mm et un jet de 38 m/s environ ont montré que, à quelques décimètres de l'orifice, l'action abrasive de la mixture était croissante en fonction de la distance à l'orifice (malgré une dispersion croissante du jet), ce qui confirme l'hypothèse précédente.

M. le Président souligne l'importance de la remarque de M. BONNIN et pense que son hypothèse devrait donner lieu à des vérifications serrées.

M. MAITRE estime que, si l'on compare le dispositif présenté par M. GARIEL à un dessableur classique relativement poussé, tel que celui de la centrale de Passy, il y a un gain de près de $1/10^{\text{e}}$ mm à l'avantage du dessableur d'Innertkirchen : 72 % des grains de $1/10^{\text{e}}$ de mm sont éliminés dans cet ouvrage, alors qu'à Passy, ce rendement n'est obtenu que pour les grains de $2/10^{\text{e}}$ mm.

Par contre, si l'on compare le dessableur prévu à l'origine à Innertkirchen au dessableur de Passy, on constate que, pour un volume d'ouvrage par m^3/s traité légèrement inférieur, le dessableur de Passy semble avoir une efficacité sensiblement supérieure à celui d'Innertkirchen qui n'éliminait que 56 % des grains de $2/10^{\text{e}}$ mm.

Cette efficacité réduite semble liée à quelques imperfections non négligeables : grande profondeur, longueur assez réduite, coude à l'entrée. De plus, la présence d'un fond à faible pente, avec une seule série d'orifices de purge à l'aval, peut laisser craindre la formation de dépôts importants sur ce fond, pouvant provoquer l'obstruction des orifices par éboulement lors d'un incident de marche, comme cela a été constaté sur certains ouvrages des Alpes. Si, au contraire, on ne constate pas de dépôts importants dans cette partie de l'ouvrage, cela ne provient-il pas de ce que, dans le cas particulier, la retenue elle-même forme décanteur pour les sables les plus grossiers?

En ce qui concerne la différence entre les taux d'épuration réels et les valeurs théoriques utilisées par M. GARIEL, M. MAITRE précise que les mesures effectuées, en 1953, à Passy par le Service de M. BOURGUIGNON, montrent que, pour les grains de l'ordre de $2/10^{\text{e}}$ mm, la concordance reste bonne pour les vitesses d'écoulement considérées (0,40 m/s environ).

M. MAITRE pense, d'autre part, qu'un problème important est celui de la composition granulométrique des sa-

bles transportés par le torrent : des mesures effectuées ces dernières années dans des usines dont le bassin versant comporte 20 à 25 % de glaciers (Passy et Pont Escoffier) ont montré que les sables en suspension à l'entrée de ces prises d'eau comportaient 80 % d'éléments inférieurs à $1/10^{\text{e}}$ mm et environ 50 % d'éléments inférieurs à $6/100^{\text{e}}$ mm. Il serait intéressant de connaître la granulométrie des grains contenus en suspension à l'entrée du dessableur d'Innertkirchen, car on peut se demander si, dans un bassin versant glaciaire dans sa quasi-totalité, la proportion d'éléments très fins échappant même à l'action du dessableur cloisonné ne risque pas d'être plus élevée. Ce point est important dans la mesure où il conditionne, avec le prix de revient du cloisonnement, la rentabilité économique de l'ouvrage.

M. Paul GARIEL répond qu'en fait, si les conduites de purge n'ont pas été bouchées, cela ne veut pas dire qu'il n'y ait pas eu des couches épaisses de sable sur le radier; malheureusement, le détecteur mécanique ne fonctionnait pas à l'époque à laquelle ont été faits les essais et il sera, d'ailleurs, remplacé par un autre appareil, qui transmettra électroniquement l'épaisseur du sable dans la fosse. Il y a eu des dépôts considérables, bien que la retenue ait une surface assez grande : on a vu des quantités énormes de sable s'en aller au cours des chasses périodiques.

D'autre part, il est bien exact que la grande majorité des grains sont très fins et de ce fait, il semble qu'on atteigne par ce procédé du cloisonnement la limite économique des dessableurs : on ne gagnerait pas beaucoup en diminuant les vitesses ou par une augmentation du cloisonnage. La recherche d'une plus grande efficacité théorique, en utilisant un tonnage de métal égal à celui du cloisonnement, conduirait à l'emploi d'autres systèmes, tels que des cyclones; mais ces appareils ne fonctionnent convenablement que s'ils sont de petites dimensions, donc nécessairement associés à des grilles à nettoyage automatique, ce qui conduit à un tonnage d'appareils finalement plus important, à une complication mécanique et à une perte de charge généralement peu admissible.

M. LABAYE pense que, lorsque les dépenses dues au dessablage croissent trop, le compromis le plus économique consiste, sans doute, à traiter spécialement les aciers des turbines pour leur permettre de résister aux matériaux transportés, ou bien à remplacer les turbines de temps en temps.

M. Paul GARIEL estime que ce compromis est à rechercher dans chaque cas et qu'en ce qui concerne Innertkirchen, l'examen économique a montré qu'il fallait en premier lieu accroître l'efficacité du dessableur initialement prévu.

Sur la demande de M. le Président, M. Paul GARIEL indique qu'un autre dessableur du même genre est en construction au Pérou : il est à écoulement horizontal et traitera, dans le futur, 48 m^3 à la seconde.

M. le Président remercie le conférencier.