
Aménagement de Guerlédan

The Guerlédan pumping station

S. Alam

SOGREAH, Grenoble

R. Longuemare

EDF, REAL Chambéry

Introduction

La production d'énergie électrique doit s'adapter à tout instant à la demande et faire face aux pointes et aux creux de la courbe de charge. Les centrales thermiques classiques ou nucléaires sont peu modulables et leur fonctionnement, en réserve tournante, est onéreux. Par contre, les centrales hydrauliques présentent une souplesse de fonctionnement très appréciable, leur permettant à tout moment de s'adapter aux variations de la demande sur le réseau.

C'est pour cette raison qu'Electricité de France envisage d'aménager un parc de "Stations de Transfert d'Energie par Pompage" (STEP) pour améliorer les capacités de régulation du réseau national. Ces besoins se font particulièrement sentir dans l'Ouest de la France, en Bretagne, région fortement importatrice d'énergie électrique. Un site a été prospecté, dans le centre de la Bretagne, à Guerlédan, où existe déjà une retenue artificielle créée par un barrage sur la rivière du Blavet (figure 1).

Cette retenue de 50 millions de mètres cubes peut être utilisée comme bassin inférieur de pompage. La dénivellation nécessaire pour exploiter une chute hydraulique est obtenue en implantant le bassin supérieur au sommet d'une colline dominant de 170 mètres la retenue de Guerlédan, avec une distance horizontale entre bassins de l'ordre de 1300 mètres (soit un rapport L/H de 7,8).

L'aménagement projeté comprend de l'amont vers l'aval :

– Un bassin supérieur artificiel de 6,8 millions de mètres cubes de capacité obtenue par une digue complètement fermée.

– Un réseau d'adduction haute pression reliant les 4 prises d'eau du bassin supérieur aux 4 groupes réversibles de l'usine souterraine.

– Une usine souterraine située à proximité des puits haute pression.

– Un réseau de galeries basse pression de 1250 m de longueur reliant les turbines-pompes de l'usine à la retenue actuelle de Guerlédan.

– Un ouvrage de prise et de rejet dans la retenue de Guerlédan dont seule une tranche utile, correspondant à la capacité du bassin supérieur, sera utilisée par la STEP. Cet ouvrage est implanté dans l'anse des Granges, à proximité de la base touristique de Beau Rivage.

Les caractéristiques principales de cette STEP sont les suivantes :

– hauteur du chute brute moyenne	169 mètres
– débit moyen en turbinage	472 m ³ /s
– débit moyen de pompage.	354 m ³ /s
– puissance installée à l'usine	700 MW
– durée et fonctionnement :	
en pompage	5 h 20 mn
en turbinage	4 h

Le fonctionnement de cette installation, branchée sur un plan d'eau utilisé actuellement pour des activités ludiques, va induire des courants dans certaines zones. L'objet de la communication est de présenter les études et les essais, effectués sur un modèle réduit physique hydraulique à l'échelle du 1/60, qui ont permis de définir l'ouvrage de prise et de rejet ainsi que les travaux d'aménagement de l'anse des Granges pour obtenir des champs de vitesses acceptables pour l'environnement du lac de Guerlédan.

Position du problème

La figure 1 définit l'implantation générale de l'aménagement et, en particulier, l'emplacement de l'ouvrage de prise et de rejet situé au fond de l'anse des Granges

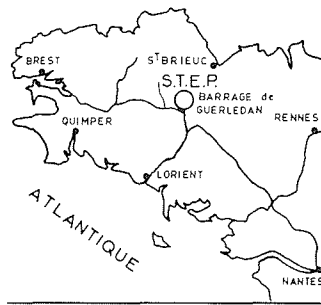
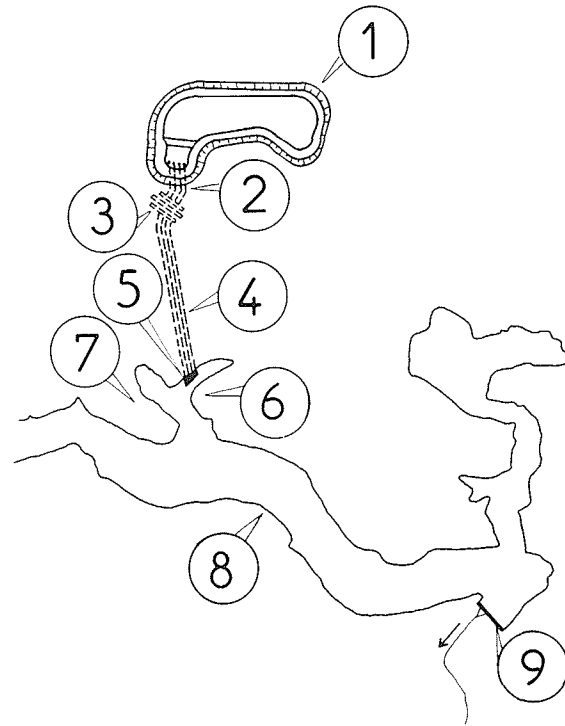


Figure 1 - Aménagement de Guerlédan

- 1 - Bassin supérieur
- 2 - Conduite HP
- 3 - Usine souterraine
- 4 - Galerie BP
- 5 - Ouvrage de prise et rejet
- 6 - Anse des Granges
- 7 - Anse de Kergoff
- 8 - Retenue de Guerlédan
- 9 - Barrage de Guerlédan



qui forme avec l'anse de Kergoff un appendice en "y" de la retenue artificielle de Guerlédan.

En période de pompage, l'installation fonctionnera comme une prise d'eau, et au cours du turbinage, elle fonctionnera en ouvrage de restitution.

Par définition, lors du fonctionnement de l'ouvrage en prise d'eau, l'écoulement du lac vers la prise est assez uniformément réparti et utilise la totalité de la section mouillée de l'anse. Pour un niveau donné de la retenue, les vitesses correspondantes d'écoulement sont en conséquence les plus faibles possibles. Pour le fonctionnement normal, le niveau moyen du lac est situé autour de la cote 120 NGF et la vitesse moyenne d'écoulement dans ce cas, dans les zones à l'entrée de l'anse de Kergoff, est de l'ordre de 0,15 m/s, ce qui n'est pas gênant du point de vue des activités touristiques, même avec la solution initiale.

Par contre, au cours du fonctionnement en ouvrage de restitution, les conditions initiales du rejet (même avec une répartition uniforme des vitesses à la sortie des ouvrages) donnent des vitesses d'écoulement relativement grandes. De plus, les courants secondaires engendrés par les formes topographiques et bathymétriques des anses aux environs de l'ouvrage contribuent à maintenir des vitesses relativement grandes sur les zones utilisées par des activités nautiques.

Les essais, sur un modèle réduit, avaient pour objet la mise au point d'une solution donnant les vitesses et la répartition de courants acceptables.

Le modèle

Compte tenu de la superficie minimale du lac à représenter et la similitude d'une bonne reproduction des phénomènes hydrauliques (vitesses d'écoulement, tur-

bulence, répartition des courants limites, frottement, etc) à obtenir, le modèle a été construit à l'échelle de 1/60, respectant la similitude de Froude.

L'échelle linéaire $\lambda = 1/60$ dans ce cas donne les échelles principales suivantes :

- Echelle des vitesses $\lambda^{0,5} = 1/7.75$
- Echelle des temps $\lambda^{0,5} = 1/7.75$
- Echelle des débits $\lambda^{2,5} = 1/27885.55$

L'ensemble des essais a confirmé le bon fonctionnement du modèle.

Résultats des essais

Dans la nature, la variation du niveau du lac sera très lente, environ 0,75 cm/min en pompage et 1 cm/min en turbinage. Les mesures des vitesses d'écoulement et des courants ont donc été effectuées par chronophotographie, en régime permanent et pour des niveaux différents du lac. Le temps de pose est de 8 secondes modèle (environ 1 minute nature). Des flotteurs lestés, spécialement conçus, ont permis de mesurer les vitesses à des profondeurs variant entre 0 et 4 m. En tout, onze schémas d'aménagement ont été étudiés ; nous décrivons ci-après trois de ces variantes :

- Solution initiale,
- Solution avec excavation maximale,
- Solution proposée.

Solution initiale

- La figure 2 montre le schéma d'aménagement - Solution initiale. Les quatre pertuis de prise et de rejet sont dans le même alignement que le chenal excavé.

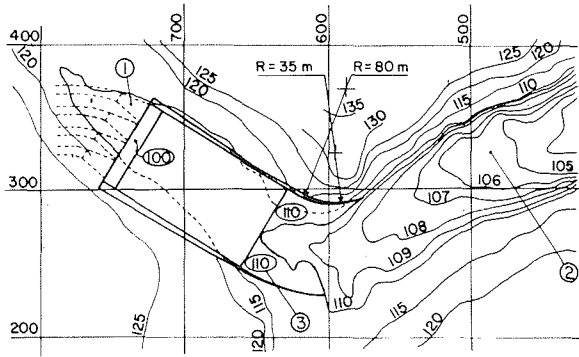


Figure 2 - Schéma d'aménagement - Solution initiale
 1 - Ouvrage de prise et de rejet
 2 - Anse du lac artificiel
 3 - Cote du fond du chenal

Le radier du chenal a une largeur de 60 m et remonte progressivement de la cote 100 NGF à la cote 110 NGF, niveau naturel du débouché de l'anse.

La figure 3 montre les vitesses et la répartition des courants types pour un débit total, par les quatre turbines, de 472 m³/s et un niveau du lac à la cote 120 NGF. On constate la formation de courant de retour, de part et d'autre du chenal de restitution, à sa sortie de l'anse des Granges. Ces courants de retour empêchent l'épanouissement de l'écoulement à l'aval du chenal de restitution et la vitesse maximale, de l'ordre de 0,80 m/s, reste pratiquement inchangée sur toute la zone intéressée par l'étude. En outre, ce courant à grande vitesse, en traversant le tronçon commun aux deux bras de mer, rend difficile l'accès de l'anse de Kergoff aux bateaux pendant toute la durée de turbinage. Une telle situation a été jugée inacceptable et, en vue de réduire la vitesse maximale d'écoulement et les courants de retour, une solution avec un chenal de raccordement plus important a été envisagée.

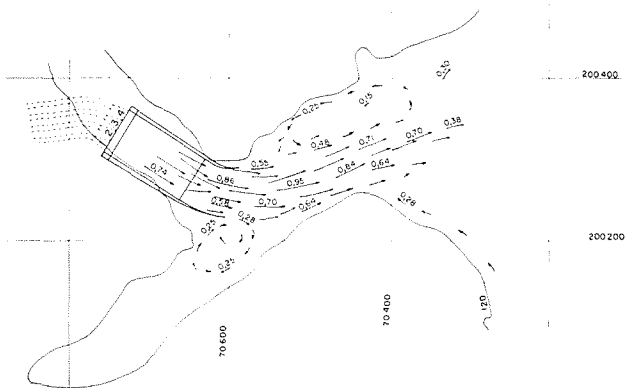


Figure 3 - Vitesses et répartition des courants avec solution initiale

La figure 4 montre le schéma d'aménagement avec excavation maximale et débouché latéral des pertuis de prise et de rejet. Le radier du chenal excavé a une largeur de 80 m et sa cote du fond varie de 100 NGF à 106 NGF. En plan, l'excavation, le long de la rive gauche (regardant vers le lac) empiète d'environ 30 m

par rapport à la solution initiale ; en vue de diminuer l'ampleur du courant de retour observé lors des essais précédents.

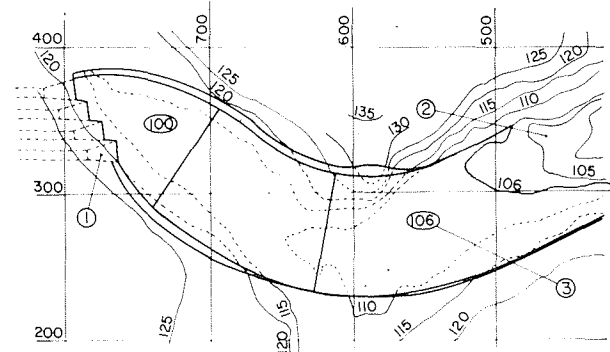


Figure 4 - Schéma d'aménagement avec excavation maximale
 1 - Ouvrage de prise et de rejet
 2 - Anse du lac artificiel
 3 - Cote du fond du chenal

La figure 5 montre les vitesses et la répartition des courants types pour un débit total, par les quatre turbines, de 472 m³/s et le niveau du lac à la cote 120 NGF. On constate que les vitesses d'écoulement et leurs trajectoires sont assez semblables à celles enregistrées avec la solution initiale. A la suite de ces essais, il est devenu apparent que :

- . il serait difficile, sinon impossible, d'obtenir un ralentissement suffisant des vitesses d'écoulement sortant de l'ouvrage du rejet à l'intérieur de l'anse des Granges ;
- . la meilleure solution serait d'éloigner le courant principal du rejet de la base de loisirs de Beau Rivage et de l'anse Kergoff.

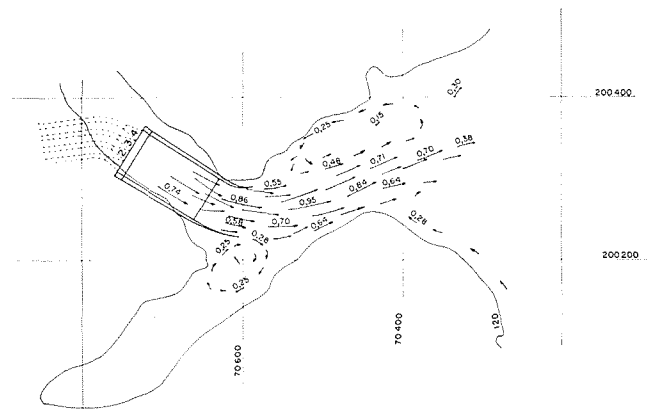


Figure 5 - Vitesses et répartition des courants avec excavation maximum

Solution proposée

La figure 6 montre le schéma d'aménagement élaboré à la suite de divers essais de mise au point effectués sur le modèle réduit. Les formes et dispositifs (redan, guideaux) proposés permettent d'atteindre les objectifs recherchés, c'est-à-dire :

- éloigner le plus possible le courant principal des zones d'activités ludiques et,

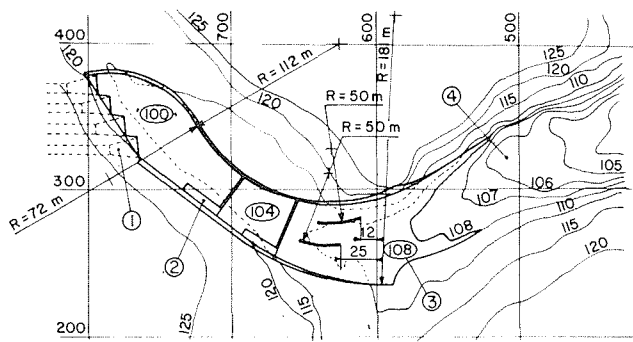
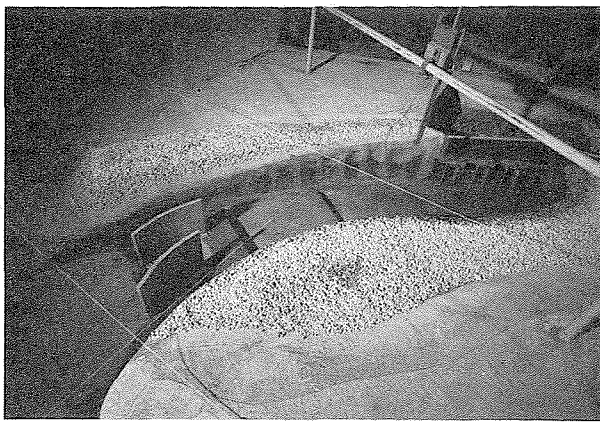
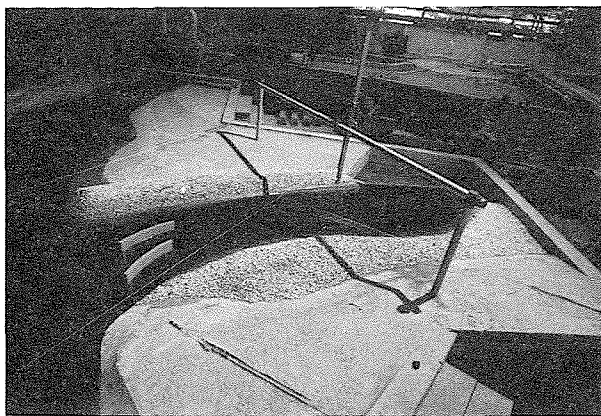


Figure 6 – Schéma d'aménagement proposé
 1 – Ouvrage de prise et de rejet
 2 – Rampe d'accès
 3 – Cote du fond du chenal
 4 – Anse du lac artificiel



Chronophotographie type avec la solution proposée :
 . fonctionnment en turbinage ($Q = 472 \text{ m}^3/\text{s}$)
 . répartition des courants



Vue du modèle en eau :
 . niveau de retenue de Guerlédan 120 NGF
 . débit turbiné $472 \text{ m}^3/\text{s}$

– réduire les vitesses d'écoulement à proximité des zones touristiques à moins de 0,50 m/s, vitesse limite jugée comme acceptable.

La figure 7 montre la répartition des courants types pour un débit total de $472 \text{ m}^3/\text{s}$ par les 4 turbines et le niveau du lac à la cote 120 NGF.

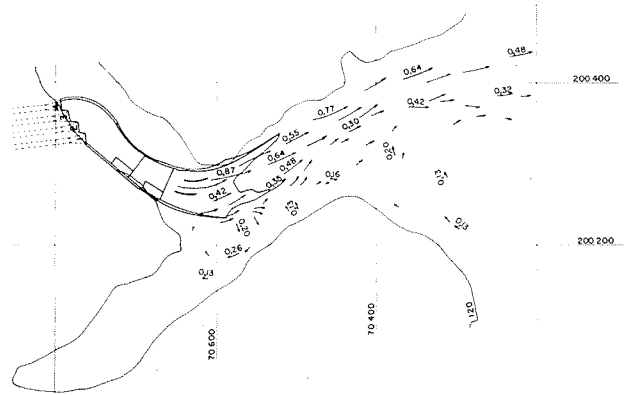
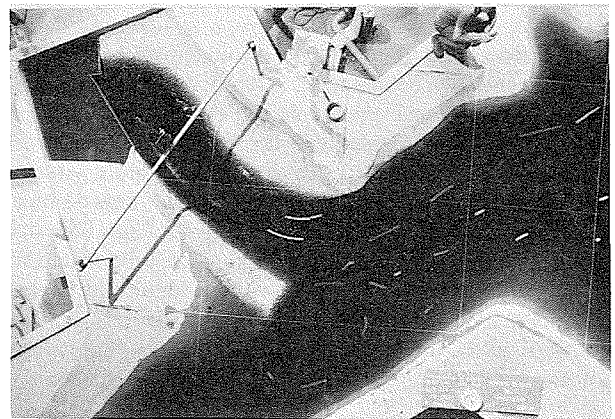


Figure 7 – Vitesses et répartition des courants avec solution proposée



Vue du modèle au $1/60^e$ de l'aménagement proposé (ref : figure 6) :
 . ouvrage de prise et de rejet
 . chenal excavé dans l'anse des Granges
 . guideaux
 . remblais

Conclusions

L'étude, sur un modèle réduit hydraulique, a permis de définir l'ouvrage de prise et de rejet de l'aménagement de Guerlédan avec les résultats suivants :

- 1) Atténuation de l'impact du projet sur l'environnement du lac artificiel de Guerlédan.
- 2) Minimum de travaux d'excavation et de remblaiement.
- 3) Maintien des activités actuelles de relaxation.

Discussion

Président : M. C. BOCQUILLON

M. le Président. — Merci M. LONGUEMARE. Je pense que les utilisateurs du lac vous remercient aussi. Y a-t-il des intervenants qui désirent poser des questions à M. LONGUEMARE sur cet aménagement ?

M. DURANTON. — Sur les bases que vous avez obtenues, avez-vous eu des contacts avec vos interlocuteurs écologistes, et pouvez-vous faire état d'un certain consensus sur vos résultats ?

M. LONGUEMARE. — Nous n'en avons pas eu le temps en raison des élections municipales. Notre intention était, pour ne pas avoir à recommencer, d'attendre les résultats et de présenter le modèle aux élus de la nouvelle municipalité et aux administrations. La municipalité ayant effectivement changé, c'est la liste d'opposition au projet qui a obtenu la majorité des sièges et j'ai des inquiétudes pour l'avenir de ce projet.

Cet exemple illustre bien le rôle futur de l'ingénieur qui devra de plus en plus, non seulement remplir ses tâches sur le plan technique et convaincre de la rentabilité de ses affaires les gens accordant et contrôlant les investissements, mais égale-

ment faire du marketing auprès de gens dont le seul souci est la protection de l'environnement et où le terrain d'entente est très difficile tant les langages sont différents.

De plus, les choses ne s'arrangent pas, puisque le décret de juillet 1982 oblige désormais le concepteur d'ouvrage à ouvrir l'enquête publique au tout début de son projet. Or, chacun sait qu'un projet ne se fait pas du jour au lendemain, qu'il nécessite des reconnaissances, des travaux préliminaires, une longue maturation, et qu'il sera très difficile d'en parler au public au moment où tous les éléments manquent encore.

M. DURANTON. — D'autant que les indications données à ce stade sont souvent prises pour argent comptant, enfermant rapidement le projecteur dans une situation inextricable et qu'il est très difficile ensuite de retrouver un *modus vivendi*.

M. le Président. — Nous remercions M. LONGUEMARE, et je crois que l'hydraulique à surface libre est moins imprévisible que les résultats électoraux. Nous passons donc au second sujet : M. MILLET va nous parler de l'ouverture de la vidange de fond du barrage du Chambon.