Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

TURBINE DES RÉQUIERS

Rapport final

Auteur

Daniel Willi SA
Av. des Alpes 43, CP 1643, 1820 Montreux 1 / info@dwilli.ch

Date: 21 janvier 2009

Soutenu par l'Office fédéral de l'énergie OFEN

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen
Adresse postale: CH-3003 Berne
Tél. +41 31 322 56 11, fax +41 31 323 25 00
www.bfe.admin.ch

Responsable OFEN: bruno.guggisberg@bfe.admin.ch

Numéro de projet: 102 785

Le ou la mandataire de l'étude est seul(e) responsable de son contenu.

Table des matières

Résumé 3
Introduction 4
Situation et description de l'aménagement 4
turbine 5
Source des saxelles 5
Reservoir des requiers 5
Hydrologie 5
courbe des debits classes 6
Dénivelé 7
Pertes de charge dans la conduite 7
Débit d'équipement 7
Description détaillée de l'aménagement 7
principe de fonctionnement 7
Compatibilite avec l'eau potable 7
raccordement au reseau 7
Production annuelle moyenne 8
Analyse économique 9
Conclusion 9
Avancement et suite du projet 9
Annexes 9

Résumé

La commune de Chessel (VD) est alimentée en eau potable par une source, située sur la commune de Vouvry (VS). Cette source donne un débit régulier tout au long de l'année, d'une moyenne de 16 l/s. Une conduite d'amenée transporte l'eau depuis la source jusqu'au réservoir ; le dénivelé est de 283 m.

Etant donné les caractéristiques du site, la commune de Chessel s'est intéressée à produire de l'énergie avec cette eau potable. Le choix de la machine s'est rapidement porté sur une turbine Pelton, dont la puissance installée sera d'environ 40 kW.

Actuellement, la conduite d'amenée de l'eau de la source est en très mauvais état. Elle ne permet pas d'acheminer l'entier du débit disponible et de nombreuses pertes se font le long de son tracé. Le changement prévu de cette conduite tient compte du turbinage, en exigeant un diamètre suffisant pour limiter les pertes de charge.

La turbine sera posée au-dessus du réservoir existant. Un bypass destructeur d'énergie sera installé, afin d'assurer l'alimentation en eau potable en cas de panne ou révision de la turbine.

Données–clés :

Turbine Pelton, puissance électrique nominale : 40 kW, chute nette : 279 m, débit de projet : 20 l/s, production annuelle attendue : 290'500 kWh, taux de rétribution attendu : 27 ct/kWh.

Introduction

Suite au travail de diplôme de M. R. Thompson, réalisé en 2005, la commune de Chessel a décidé de poursuivre le projet d'installation d'une turbine sur son réseau d'eau potable. Le bureau Daniel Willi SA a ainsi été mandaté, par la commune de Chessel, pour effectuer une étude d'avant-projet détaillé.

Situation et description de l'aménagement

La source d'eau potable de la commune de Chessel (VD) est située au « lieu-dit des Saxelles », sur la commune de Vouvry (VS). La source se trouve à une altitude de 781 m s.m. L'eau est acheminée au réservoir des Réquiers, également sur la commune de Vouvry (VS), situé à une altitude de 498 m s.m., par une conduite d'une longueur de 1760 m.

Actuellement, la conduite d'amenée de l'eau de la source est en très mauvais état. Elle ne permet pas d'acheminer l'entier du débit disponible et de nombreuses pertes se font le long de son tracé. Le changement prévu de cette conduite tient compte du turbinage, en nécessitant un diamètre suffisant (DN200) pour limiter les pertes de charge. Le tracé de cette conduite se fait entièrement sur la commune de Vouvry (c.f. situation ci-dessous).

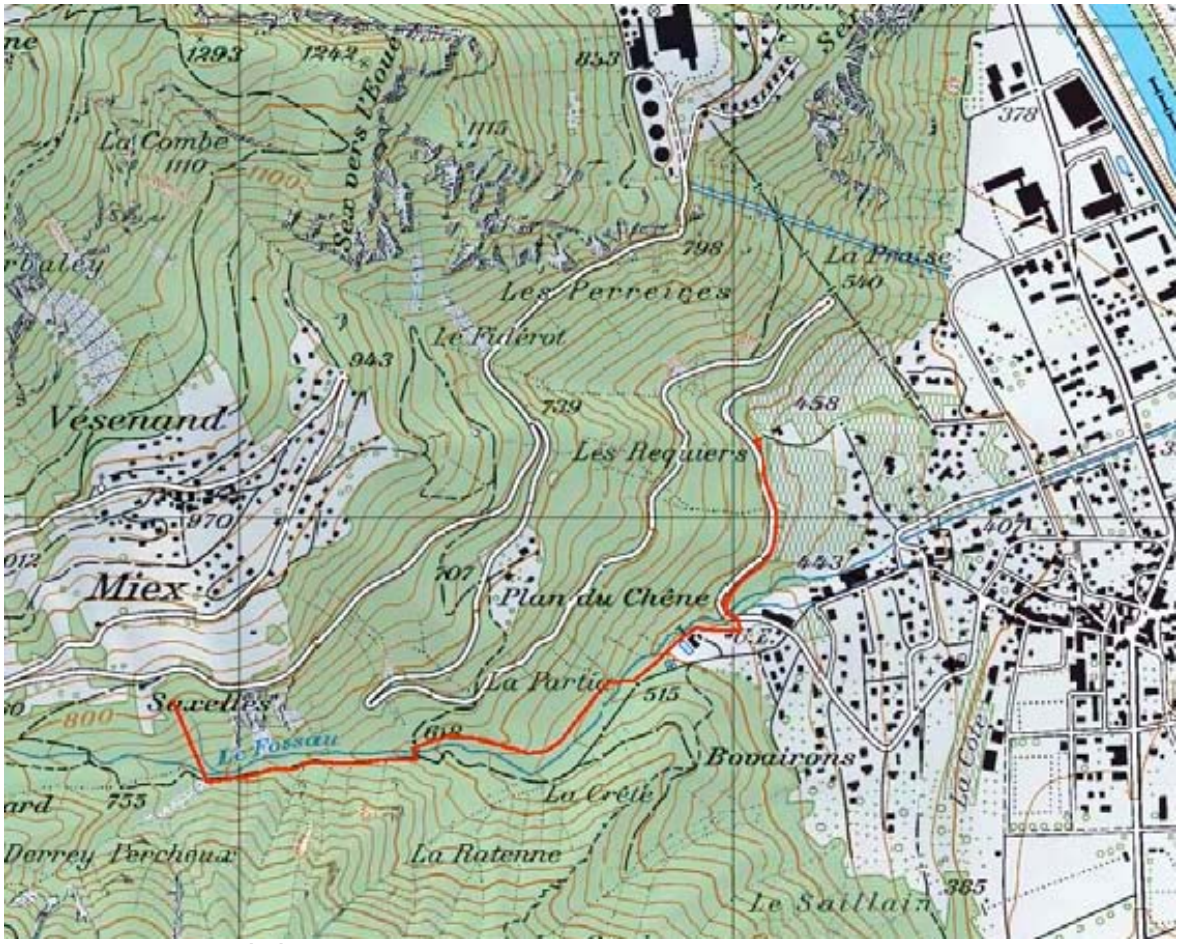

Figure 1: Situation générale du projet.

Le terrain, aux lieu-dits des Saxelles et Réquiers, est propriété de la commune de Chessel.

TURBINE

Etant donné les caractéristiques du site, le choix de la machine s'est rapidement porté sur une turbine Pelton. La puissance électrique nominale sera d'environ 40 kW et la production annuelle attendue sera d'environ 300'000 kWh.

L'eau sortira de la turbine par gravité et se jettera directement dans le réservoir. Un bypass destructeur d'énergie sera installé, afin d'assurer l'alimentation en eau potable en cas de panne ou révision de la turbine.

SOURCE DES SAXELLES

La chambre de mise en charge actuelle (source des Saxelles) est trop petite pour assurer le bon fonctionnement de la turbine (formation de vortex et temps de réglage de la turbine). Il est donc nécessaire d'agrandir son volume.

Des capteurs de niveau seront disposés dans la chambre de mise en charge, afin de réguler la turbine. A cet effet, un tube sera posé dans la fouille de la nouvelle conduite pour transmettre les données du niveau d'eau dans la chambre de mise en charge à la turbine et pour alimenter la chambre de mise en charge en électricité, si besoin.

RESERVOIR DES REQUIERS

Le réservoir des Réquiers sera adapté pour accueillir la turbine. De plus, un nouveau bâtiment sera construit, afin d'abriter les tableaux de contrôle commande.

Hydrologie

Le débit de la source des Saxelles est très régulier tout au long de l'année et n'est pas influencé par les conditions météorologiques. Par contre, au printemps, la fonte des neiges fait augmenter le débit de la source.

L'analyse hydrologique repose sur les données suivantes (c.f. tableau et graphique ci-dessous) :

- Mesures ponctuelles effectuées en 1968 et 1994.
- Mesures tout au long de l'année 2005 par M. R. Thompson (mesures au moulinet et par vitesse de surface).

1968		1994		2005	
date	**débit [l/s]**	**date**	**débit [l/s]**	**date**	**débit [l/s]**
3-mai	16.60	10-mai	15.90	12-mars	14.60
		12-juin	15.00	19-mars	16.25
		8-août	15.90	28-mars	16.60
		31-août	15.90	9-avr	19.10
		14-sept	15.90	16-avr	19.10
		20-sept	15.90	30-avr	20.75
		2-déc	14.45	6-mai	23.10
				21-mai	21.55
				25-juin	17.30
				9-juil	16.90
				21-juil	15.40
				12-août	16.75
				28-août	17.35
				2-oct	16.55
				15-oct	17.90
				30-oct	15.65
				12-nov	14.50

Tableau 1 : Mesures du débit à la source des Saxelles.

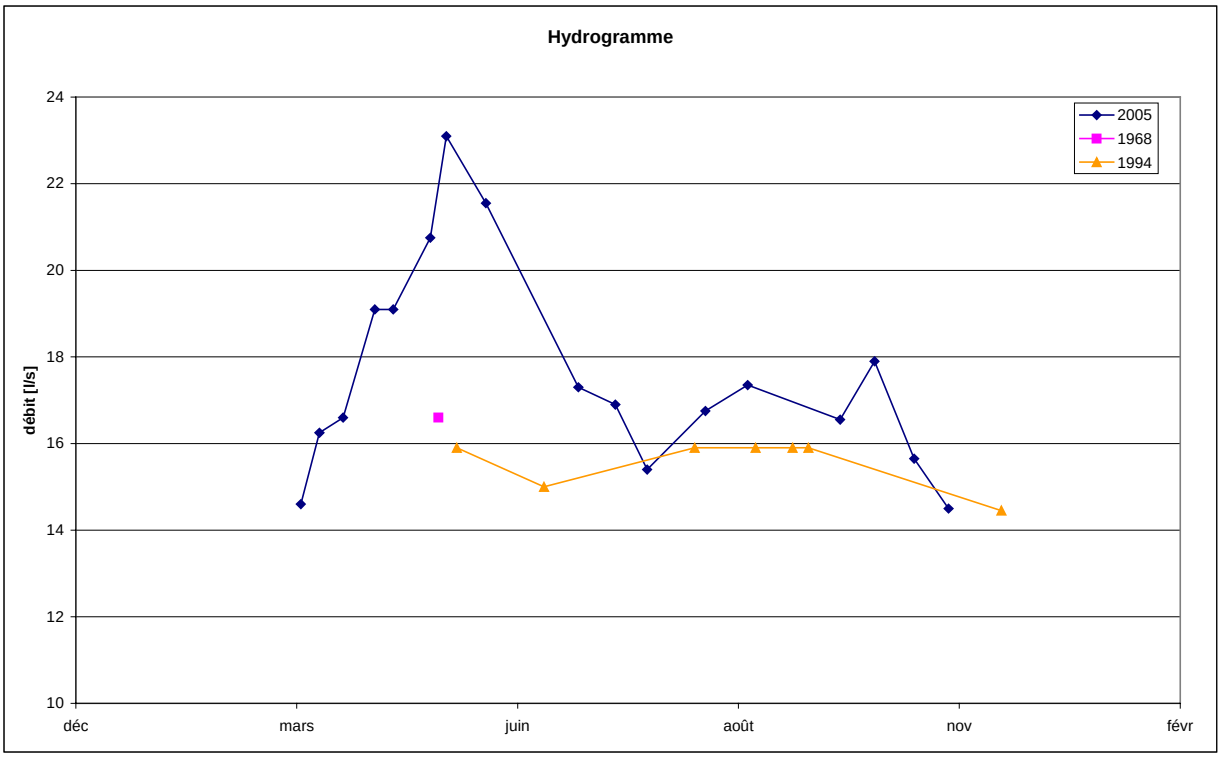

Figure 2: Hydrogramme de la source des Saxelles.

COURBE DES DEBITS CLASSES

La courbe des débits classés est constituée à partir des mesures de M. R. Thompson, datant de 2005 (c.f. graphique ci-dessous).

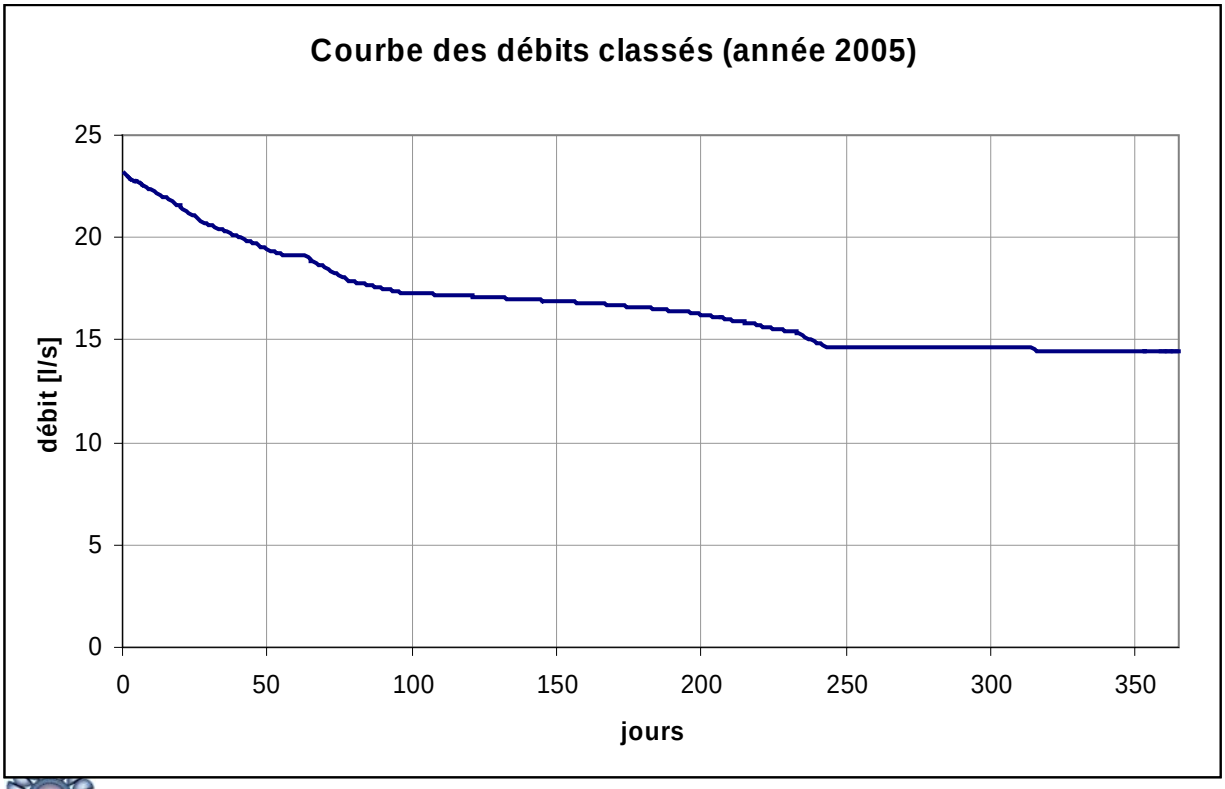

Figure 3: Courbe des débits classés pour l'année 2005.

Dénivelé

Un relevé précis de la source des Saxelles ainsi que du réservoir des Réquiers a été effectué par un géomètre. Les niveaux suivants permettent d'établir la chute brutte :

- Source des Saxelles : 781 m s.m.
- Réservoir des Réquiers : 498 m s.m.
- Chute brutte : **283 m**

Pertes de charge dans la conduite

La conduite d'amenée a les caractéristiques suivantes :

- Longueur : 1760 m
- Dénivelé : 283 m
- Diamètre : DN200
- Tuyau : Wild Natural – fonte ductile, intérieur en mortier de ciment

Les calculs tiennent compte d'une rugosité relative de 0.10 mm. Cette valeur conservatrice est recommandée par le fournisseur pour tenir compte du vieillissement de la conduite.

Les pertes de charges sont calculées selon la formule de Weisbach-Darcy, avec le coefficient de frottement de Colebrook-White. On obtient donc un coefficient de frottement f = 0.02 et une perte de charge h_r = 3.64 m.

Finalement, on tiendra compte d'une **chute nette de 279 m,** pour le dimensionnement de la turbine.

Débit d'équipement

La courbe des débits classés a été créée à partir d'une seule année de mesures (2005). Les mesures ponctuelles des années précédentes montrent que le débit équipé doit être au minimum de 16 l/s. Actuellement, le débit d'équipement est choisi a **20 l/s** mais cela doit encore être confirmé par quelques mesures ponctuelles au printemps, lors de la fonte des neiges.

Description détaillée de l'aménagement

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La chambre de mise en charge est directement alimentée par la source des Saxelles. Le volume d'eau actuel ne permet pas de gérer correctement la turbine. C'est pour cela qu'il est prévu d'agrandir la chambre de mise en charge. Le nouveau volume d'eau restera assez faible, étant donné la faible variation du débit de la source. Une jauge de niveau sera installée, pour permettre de régler la turbine. A noter qu'un tube, pour passer le câble de transmission de données, sera posé dans la fouille de la conduite.

En cas d'arrêt de la turbine (panne ou révision), l'eau passera dans un bypass avec desctructeur d'énergie

Après turbinage, l'eau est rejetée directement, par gravité, dans le réservoir actuel des Réquiers.

COMPATIBILITE AVEC L'EAU POTABLE

Tous les éléments en contact avec l'eau potable seront conçus pour être entièrement compatibles avec l'eau potable. En effet, aucun élément lubrifié (graisse) ne sera en contact avec l'eau potable.

RACCORDEMENT AU RESEAU

Le raccordement au gestionnaire de réseau (Romande Energie) se fera sur le poste de transformation de Verbieux à Vouvry (VS).

Production annuelle moyenne

La production annuelle moyenne est calculée à partir de :

- la courbe des débits classés
- la chute nette (pour un débit donné)
- le rendement de la turbine, de l'alternateur et du transformateur.

En considérant un débit maximum de la source de 20 l/s, la courbe des débits classés devient :

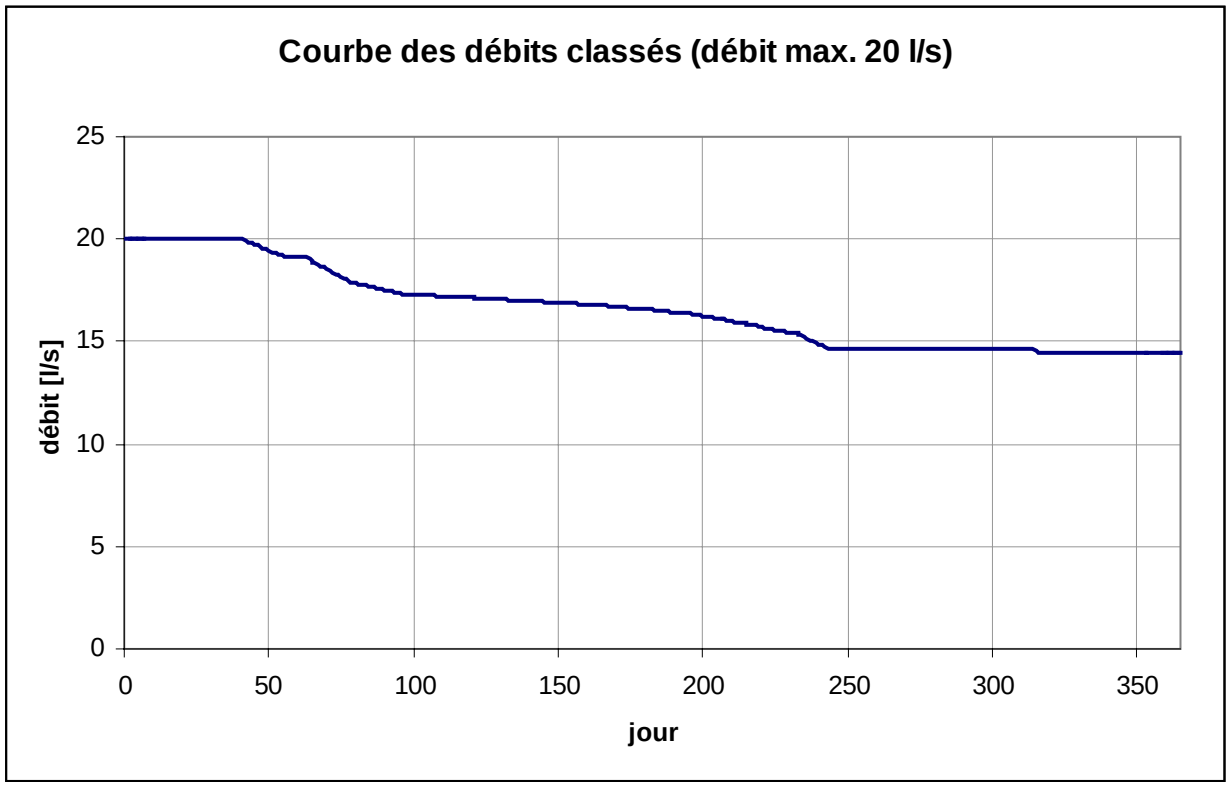

Figure 4: Courbe des débits classés pour un débit max. de 20 l/s.

Le volume d'eau turbinable vaut 522'000 m^3. En considérant que la centrale ne fonctionne pas 5 jours par année, on obtient un volume de 515'000 m^3.

La puissance électrique nette est calculée ainsi :

$P_{el,\,net} = (\eta_{turb} \times \eta_{alt} \times \eta_{trans}) \times \rho \times g \times H_{net}$

Avec les valeurs suivantes (conservatrices) :

- rendement de la turbine η_{turb} 0.85
- rendement de l'alternateur η_{alt} 0.90
- rendement du transformateur η_{trans} 0.97
- hauteur de chute nette H_{net} 279 m

on obtient une production annuelle (énergie électrique disponible sur le réseau) de **290'500 kWh** par année.

Analyse économique

Le coût total de la centrale hydro-électrique est d'un montant HT de **Frs 580'000.--**. Ce montant est évalué à **+/- 10 %** et comprend les éléments suivants :

- groupe turbine, alternateur et contrôle commande
- bypass avec destructeur de Carnot
- système de télégestion
- raccordement au gestionnaire de réseau
- travaux de béton armé et génie civil

Le projet a été annoncé à Swissgrid et une décision positive nous est parvenue le 13 janvier 2009, avec un taux de rétribution provisoire s'élevant à **27 ct/kWh**. En sachant que le taux de rétribution est actualisé chaque année et qu'il est garanti pendant 25 ans, l'analyse économique du projet s'est faite sur une période de 25 ans.

Deux variantes de financement ont été étudiées :

1. investissement du montant complet en t = 0
2. emprunt bancaire

En actualisant les montants (taux de 1.50 %), le retour sur investissement se fait en moins de 10 ans pour le premier cas et en moins de 5 ans pour le deuxième cas.

Pour plus de détails, voir le rapport financier ci-joint.

Conclusion

Le projet est rentable et son amortissement peut se faire en moins de 10 ans. En sachant que le taux de rétribution est garanti pendant 25 ans, cela permet de dégager un bénéfice pour la commune pendant encore 15 ans (après amortissement). De plus, la stabilité de la source soutient la confiance de cet investissement.

Avancement et suite du projet

- Le projet a été annoncé à Swissgrid, avec un retour positif.
- Romande Energie nous a donné une autorisation provisoire pour se raccorder au réseau.
- Dans le canton du Valais, l'autorisation de turbiner est en examen.
- Une fois cette autorisation de turbiner obtenue, il faudra faire la démarche pour l'autorisation de construire (canton de Vaud et Valais).
- Suivront ensuite l'appel d'offres, puis la construction de l'ouvrage.

Annexes

- Situation 1 :25'000
- Plan d'enquête de la conduite
- Plan de la chambre de mise en charge
- Plan du réservoir
- Rapport financier