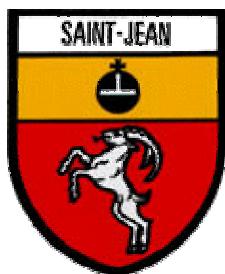


Rapport final du 21 décembre 2005

Projet de construction d'une centrale hydraulique sur le réservoir principal de la commune de St-Jean

Etude d'avant projet

Projet no. 101330 Décision no. 151585



Programme petites centrales hydrauliques / www.petitehydraulique.ch

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN, 3003 Berne

Mandataire:

Sierre Energie SA, Rte de l'Industrie 29, 3960 Sierre
MHyLab, En Platé, 1354 Montcherand

Auteurs:

Alain Perruchoud (Sierre Energie SA)
Vincent Denis (MHyLab)

Groupe de suivi:

Bruno Guggisberg, Office fédéral de l'énergie OFEN
Manuel Buser, Programme PCH
Simon Crettaz, Président de la Commune

Cette étude a été élaborée dans le cadre du programme de recherche petites centrales hydrauliques de l'Office fédéral de l'énergie OFEN.

Les mandataires de l'étude sont seuls responsables de son contenu.

Office fédéral de l'énergie OFEN

CH-3063 Ittigen · Adresse postale: CH-3003 Berne
Tél. 031 322 56 11, fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Résumé

Le réseau d'adduction actuel de la commune de St-Jean se compose de trois captages situés aux altitudes 2004 m, 1998m et 1958 m, réunis en une chambre à l'altitude 1933 m. Ceux-ci alimentent le réservoir principal de St-Jean par une conduite de 1300 m de longueur, dont les premiers tronçons sont en PE, le reste étant en fonte K9. Depuis ce réservoir, une première conduite alimente le village de St-Jean et une seconde alimente les villages de Mayoux et de Pinsec.

Des mesures de débit sur l'ensemble des sources captées sont en cours depuis 2003.

L'amélioration des captages ont permis de porter le débit à environ 10 l/s en étiage et plus de 30 l/s au maximum.

Deux piquages, munis de réducteurs de pressions, permettront d'alimenter quelques chalets de vacances situés dans les hauts du village.

Suite à l'étude de faisabilité réalisée en 2004, la Commune de St-Jean a décidé de lancer l'étude d'avant-projet détaillé en vue de la construction de la petite centrale.

L'aménagement sera réalisé en amont du réservoir principal et turbinera l'entier du débit entrant. La turbine sera installée sur un petit réservoir intermédiaire muni d'un trop plein déversant directement dans le torrent situé en contrebas lorsque le débit entrant sera supérieur au débit nécessaire à la consommation des villages. Cette architecture à pour but de rendre le turbinage possible en cas de pollution des sources rendant l'eau impropre à la consommation.

Un by-pass destructeur d'énergie, installé dans le réservoir principal, assurera l'alimentation en eau potable en cas de débit insuffisant ou de révision du groupe.

Il est prévu que le courant produit par la petite centrale soit injecté dans le réseau de distribution local.

L'étude économique confirme par ailleurs le choix effectué suite à l'étude de faisabilité, le prix de revient du kWh étant de l'ordre de 8 cts.

Table des matières

Résumé	3
1 Introduction	5
2 Description de l'aménagement envisagé	5
3 Hydrologie	6
3.1 Mesures réalisées par Sierre Energie SA en 1992-1993	6
3.2 Mesures 2003-2004	7
3.3 Mesures 2005	9
3.4 Validation des mesures	9
3.5 Courbe des débits classés	11
4 Estimation de la perte de charge dans la conduite	12
5 Dénivellation	13
6 Choix du débit d'équipement	13
7 Description de l'aménagement	14
7.1 Principe de fonctionnement	14
7.2 Conditions de fonctionnement	15
7.3 Matériel hydro- et électromécanique	15
7.3.1 Turbine	15
7.3.2 Vannes de révision	16
7.3.3 By-pass	17
7.3.4 Moyens de levage	17
7.3.5 Sécurité	17
7.4 Equipements électriques	17
7.4.1 Alternateur	17
7.4.2 Alimentation de secours	18
7.4.3 Mise à la terre	18
7.4.4 Connexion au réseau	18
7.5 Contrôle commande	18
7.5.1 Description	18
7.5.2 Liaison avec les système de conduite de Sierre Energie SA	20
7.6 Rendement des équipements	21
7.7 Génie civil	22
8 Production annuelle moyenne	22
9 Analyse économique	23
9.1 Investissement	Erreur ! Signet non défini.
9.2 Chiffre d'affaire, bénéfice annuel et prix de revient	Erreur ! Signet non défini.
10 Conclusions	Erreur ! Signet non défini.

1 Introduction

Le laboratoire MHyLab, suite à l'étude de faisabilité réalisée en 2004, a été mandaté par la commune de St-Jean pour effectuer l'étude d'avant projet détaillé pour la réalisation d'une petite centrale hydraulique sur le réservoir principal de St-Jean.

2 Description de l'aménagement envisagé

Le réseau d'adduction actuel se compose de trois captages situés aux altitudes 2004 m, 1998m et 1958 m, réunis en une chambre à l'altitude 1933 m. Ceux-ci alimentent le réservoir principal de St-Jean par une conduite de 1300 m de longueur, dont les premiers tronçons sont en PE, le reste étant en fonte K9. Depuis ce réservoir, une première conduite alimente le village de St-Jean et une seconde alimente les villages de Mayoux et de Pinsec.

Des mesures de débit sur l'ensemble des sources captées sont en cours depuis 2003.

L'amélioration des captages ont permis de porter le débit à environ 10 l/s en étiage et plus de 30 l/s au maximum.

Deux piquages, munis de réducteurs de pressions, permettront d'alimenter quelques chalets de vacances situés dans les hauts du village.

Il est prévu que le courant produit par la petite centrale soit injecté dans le réseau de distribution local.

L'aménagement sera réalisé en amont du réservoir principal et turbinera l'entier du débit entrant. La turbine sera installée sur un petit réservoir intermédiaire muni d'un trop plein déversant directement dans le torrent situé en contrebas lorsque le débit entrant sera supérieur au débit nécessaire à la consommation des villages. Cette architecture à pour but de rendre le turbinage possible en cas de pollution des sources rendant l'eau impropre à la consommation.

Un by-pass destructeur d'énergie, installé dans le réservoir principal, assurera l'alimentation en eau potable en cas de débit insuffisant ou de révision du groupe.

3 Hydrologie

L'analyse hydrologique repose sur les données suivantes :

- Mesures réalisées entre mai 1992 et novembre 1993 par les services industriels de Sierre, devenus depuis lors Sierre Energie SA (SIESA).
- Jaugeages à la chambre de réunion No 4, à l'altitude 1933 m, réalisés entre septembre 2003 et juin 2004.
- Jaugeages au réservoir à l'altitude 1450 m réalisés entre septembre 2003 et octobre 2004.
- Jaugeage au réservoir les 07.02.05, 22.02.05 et 07.03.05.
- Jaugeages à la chambre de réunion No 4, du 7 février au 27 juillet 2005
- Statistique suisse de l'électricité 1979 - 2004

3.1 Mesures réalisées par Sierre Energie SA en 1992-1993

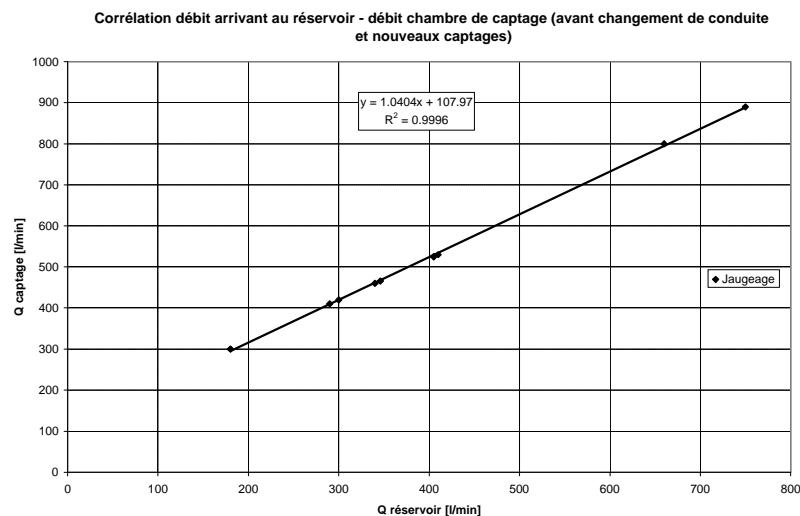
Le mode de mesure et le degré de précision de ces relevés n'est pas connu, les personnes s'en étant chargées étant désormais à la retraite et ces détails n'ayant pas été consignés dans le rapport correspondant. Il n'est dès lors pas possible de savoir si les jaugeages concernaient uniquement les sources captées à l'époque ou si ils comprenaient également les sources à capter. Il semble par ailleurs que les valeurs données sont ponctuelles et ne correspondent pas à des moyennes mensuelles.

Date de la mesure	St Luc Q [l/s]	Vissoie Q [l/s]	St-jean Q [l/s]
12.05.1992	212	23	12
10.06.1992	232	21	22
05.08.1992	190	20	14
17.09.1992	141	22	6
15.10.1992	131	23	4
18.11.1992	95	23	3
15.12.1992	74	20	4
14.01.1993	51	20	2.5
18.02.1993	49	20	2.5
17.03.1993	42	18	2
16.04.1993	37	19	1
18.05.1993	241	21	19
17.06.1993	256	22	23
16.07.1993	267	25	32
19.08.1993	146	23	
16.09.1993	129	26	4
15.10.1993	163	25	7
15.11.1993	98	22	6

Elles donnent toutefois une indication intéressante puisqu'elles ont été réalisées sur une période de 18 mois.

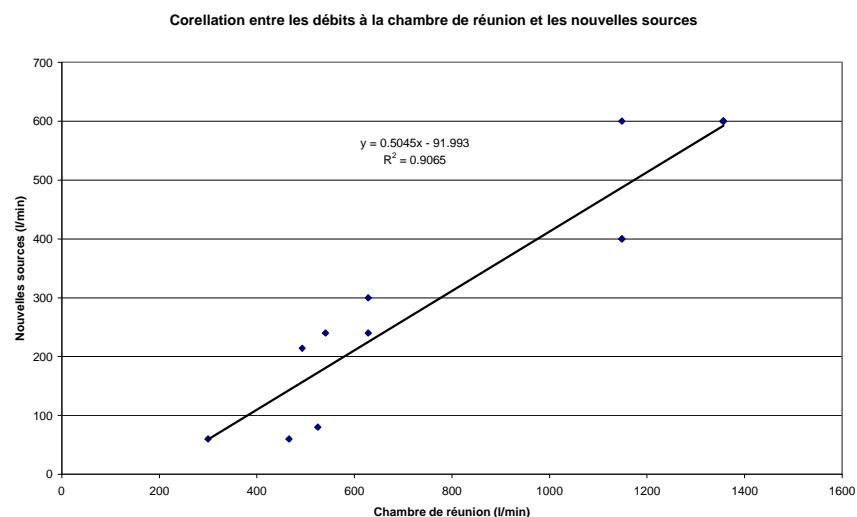
3.2 Mesures 2003-2004

Les mesures ont été effectuées essentiellement au niveau du réservoir. Quelques jaugeages entrepris au niveau de la chambre de captage ont cependant permis de déterminer une corrélation entre le débit arrivant au réservoir et celui entrant dans la chambre de captage. La différence entre ces deux mesures représente les fuites de l'ancienne conduite désormais remplacée.



Cette relation a été utilisée pour déterminer les débits captés avant extension des captages en fonction des débits entrant au réservoir.

Les sources correspondant au projet de nouveaux captages n'étant pas accessibles en hiver, une corrélation a également été établie entre le débit entrant à la chambre de réunion et le débit des sources. Cette méthode est justifiée, toutes les sources se trouvant dans la même région.



Les mesures ainsi complétées ont permis de déterminer les débits probables disponibles

entre septembre 2003 et octobre 2004.

Les jaugeages n'étant pas toujours effectués à intervalles réguliers, des valeurs moyennes mensuelles ont été considérées dans la suite des travaux.

Date Mesure	Q chambre de réunion l/min	Q réservoir l/min	Q nouv. Sources l/min	Q tot l/min	Q tot l/s
sept.03	410	290	115	525	9
oct.03	420	300	120	540	9
nov.03	466	346	60	526	9
déc.03	460	340	140	600	10
janv.04	300	180	60	360	6
févr.04	300	180	59	359	6
mars.04	525	405	173	698	12
avr.04	525	405	80	605	10
mai.04	530	410	175	705	12
27.05.2004	800	660	312	1112	19
04.06.2004	890	750	357	1247	21
16.06.2004	1356	1200	600	1956	33
25.06.2004	1356	1200	600	1956	33
Moyenne juin 2004	1201	1050	519	1720	29
05.07.2004	1356	1200	600	1956	33
14.07.2004	1356	1200	600	1956	33
22.07.2004	1148	1000	600	1748	29
Moyenne juillet 2004	1287	1133	600	1887	31
03.08.2004	1148	1000	400	1548	26
10.08.2004	1148	1000	400	1548	26
Moyenne août 2004	1148	1000	400	1548	26
01.09.2004	628	500	300	928	15
24.09.2004	628	500	240	868	14
Moyenne septembre 2004	628	500	270	898	15
09.10.2005	541	416	240	781	13
28.10.2004	493	370	214	707	12
Moyenne Octobre 2004	517	393	227	744	12

En rouge : Valeurs calculées par corrélation

En jaune : "Moyenne" mensuelle des mesures effectuées

3.3 Mesures 2005

Les nouveaux captages ont été réalisés en 2004 et sont maintenant en service. Depuis février 2005, la commune effectue un jaugeage relativement régulier à la chambre de réunion (chambre No 4) de l'ensemble des eaux de sources, située à 1933 m d'altitude.

Comme pour les mesures 2003-2004, nous avons établi des moyennes mensuelles.

Date Mesure	Q tot l/min	Q tot l/s
07.02.2005	510	8.50
10.02.2005	510	8.50
17.02.2005	510	8.50
22.02.2005	550	9.17
Moyenne févr.05	520	8.67
02.03.2005	550	9.17
10.03.2005	560	9.33
16.03.2005	530	8.83
Moyenne mars.05	547	9.11
07.04.2005	494.5	8.24
14.04.2005	480	8.00
21.04.2005	490	8.17
Moyenne avr.05	488	8.14
17.05.2005	1400	23.33
Moyenne mai 2005	1400	23.33
02.06.2005	2200	36.67
08.06.2005	3440	57.33
21.06.2005	3450	57.50
24.06.2005	3200	53.33
Moyenne juin.05	3073	51.21
07.07.2005	2200	36.67
11.07.2005	2430	40.50
19.07.2005	2100	35.00
27.07.2005	2100	35.00
Moyenne juil.05	2208	36.79

3.4 Validation des mesures

Ces mesures étant toutes ponctuelles et partielles (aucune période de mesure suivie sur une année civile complète), il est important des les confronter et de les comparer.

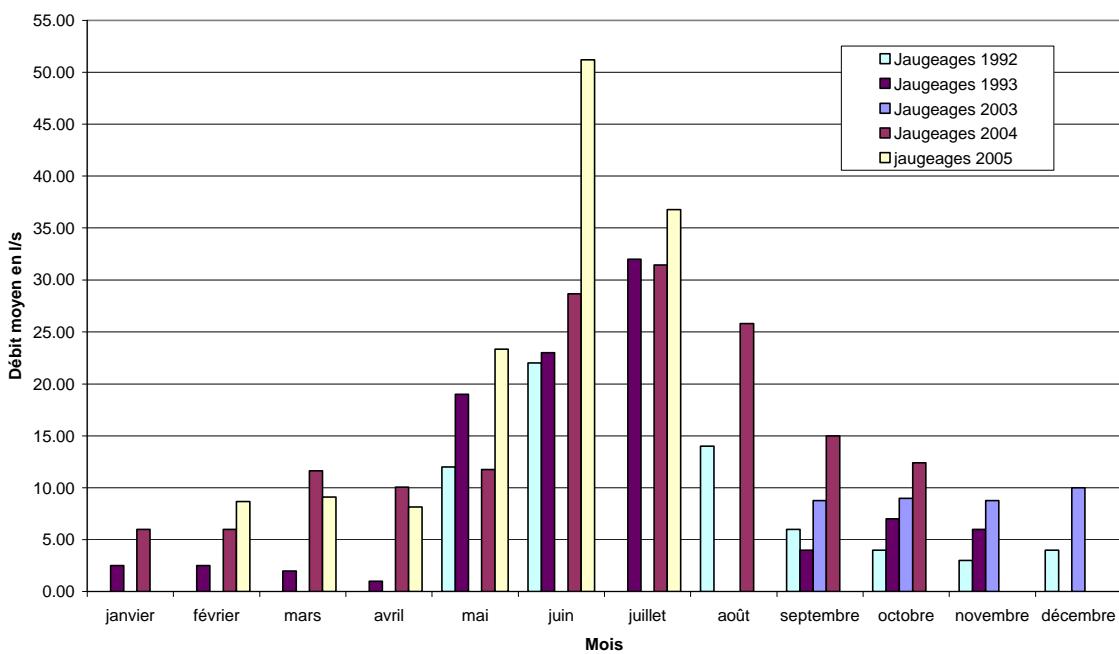
De plus, la période de mesure minimale habituelle étant de 10 ans pour garantir une bonne représentativité du régime hydrologique, il est nécessaire de situer les années 1992, 1993, 2003, 2004 et 2005 relativement à une année moyenne.

Le tableau suivant donne les résultats de mesure en fonction du mois de l'année.

	Siesa 1992	Siesa 1993	2003	2004	2005
Date Mesure	Q tot l/s	Q tot l/s	Q tot l/s	Q tot l/s	Q tot l/s
janvier		2.50		6.00	
février		2.50		5.99	8.67
mars		2.00		11.63	9.11
avril		1.00		10.08	8.14
mai	12.00	19.00		11.76	23.33
juin	22.00	23.00		28.67	51.21
juillet		32.00		31.45	36.79
août	14.00			25.81	
septembre	6.00	4.00	8.75	14.97	
octobre	4.00	7.00	9.00	12.40	
novembre	3.00	6.00	8.77		
décembre	4.00		10.00		

Ces résultats peuvent également être représentés de manière graphique.

Commune de St-Jean - Comparaison des mesures de débit des sources Moyennes mensuelles



Les tendances observées sont identiques. Comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre, la période d'octobre à mars correspond à des périodes de basses eaux.

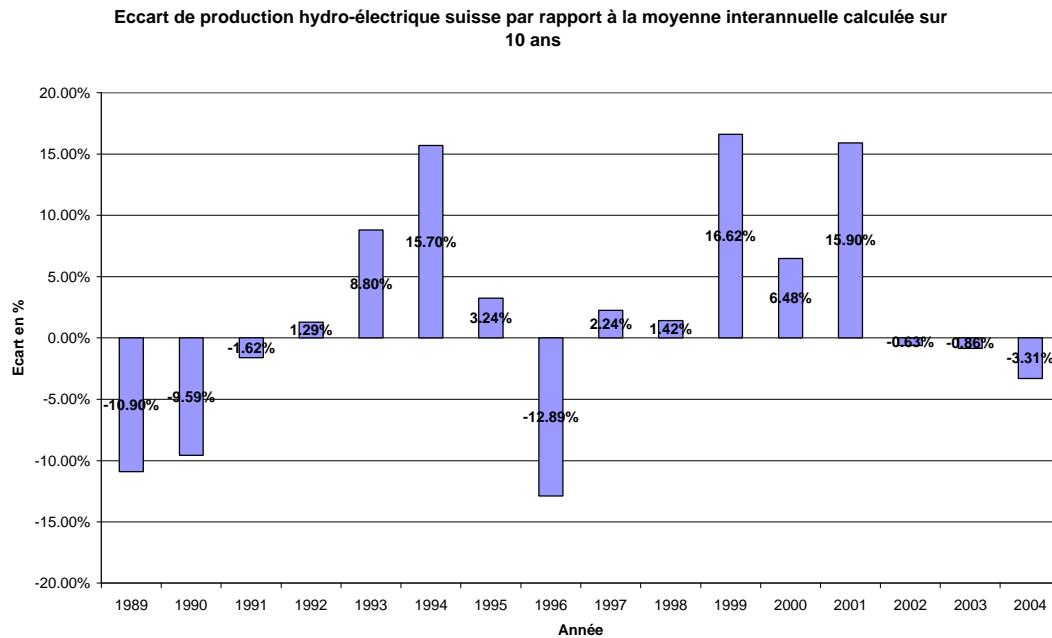
La période estivale de mai à septembre est quant à elle celle des hautes eaux, comme c'est le cas en région de montagne.

Abstraction faite du mois de juin 2005, exceptionnel selon les autorités communales, les

ordres de grandeurs relevés sont similaires.

L'Office fédéral des eaux et de la géologie ne pouvant pas indiquer si les années considérées étaient sèches, moyennes ou humides, la suite de l'analyse s'est basée sur les relevés de production d'électricité d'origine hydraulique en Suisse.

Le graphique suivant indique les écarts relativement à une moyenne glissante sur 10 ans.



Les années 1992, 2003 et 2004 peuvent être considérées comme moyennes. L'année 1993 est quant à elle légèrement en dessus de la moyenne. Par ailleurs, les informations obtenues de producteurs d'électricité hydraulique durant les 7 premiers mois de 2005 indiquent que cette année est actuellement légèrement en dessous de la moyenne.

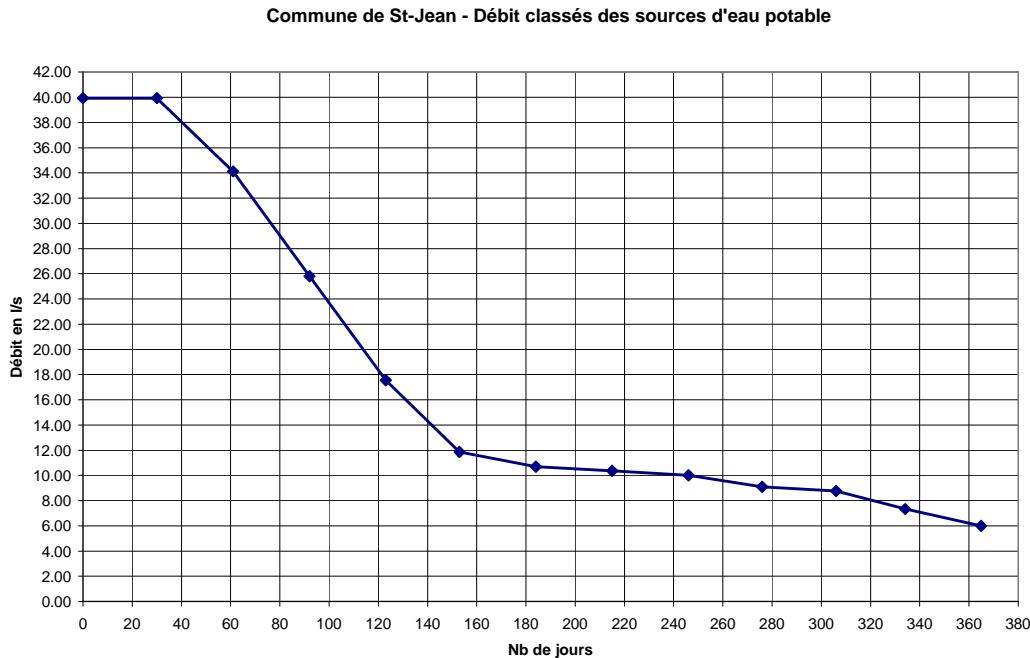
De manière générale, il est donc possible de considérer que les mesures 2003, 2004 et 2005 peuvent être utilisées sans facteur de correction.

La fréquence des relevés et les incertitudes liées aux mesures de 1992-1993 ne permettent malheureusement pas une analyse plus fine de la situation.

3.5 Courbe des débits classés

La courbe des débits classés est basée sur la moyenne des relevés 2003, 2004 et 2005. Cette manière de faire permet de reconstituer une année complète à partir des relevés partiels sur ces trois années de mesure.

Le résultat graphique est le suivant :



Cette courbe doit cependant être prise avec prudence dans les hauts débits, l'influence des mesures de juin-juillet 2005 étant élevée.

4 Estimation de la perte de charge dans la conduite

Contrairement à ce que préconisait l'étude de faisabilité pour la variante minimale, la conduite n'a pas été posée en DN 125 sur toute sa longueur.

Rappelons que la variante minimale en 125 mm avait été retenue relativement à la variante optimale en DN 150 mm, la commune ayant eu l'occasion d'acquérir à bas prix une conduite DN 125. Le calcul économique démontrait par conséquent un léger avantage pour cette solution.

Les caractéristiques de la conduite posées sont :

- 20 m en PE 160, DN 141 mm
- 120 m en PE 125, DN 102.2 mm
- 300 m en PE 125, DN 110.2 mm
- 860 m en fonte, DN 125

Bien que le fournisseur donne une rugosité de 0.01 mm pour la fonte revêtue et de 0.02 mm pour le PE, le calcul prend une hypothèse conservatrice en considérant une rugosité de 0.05 mm, correspondant à une conduite en fonction depuis quelques années.

La caractéristique de la conduite sera déterminée de manière précise par une campagne de mesure début 2006, de manière à pouvoir effectuer le dimensionnement final de la turbine.

L'estimation effectuée par Colebrook permet de déterminer l'équation de perte de charge suivante :

$$H_r = 86470 \times Q^2$$

Où H_r est donné en m et Q en m^3/s .

5 Dénivellation

Une mesure précise devra être effectuée par un géomètre afin de confirmer les valeurs suivantes :

- Altitude du plan d'eau à la chambre No 4 (chambre de réunion et de mise en charge) : 1933 m
- Altitude du réservoir intermédiaire : 1460 m.

La dénivellation est ainsi de 473 m.

6 Choix du débit d'équipement

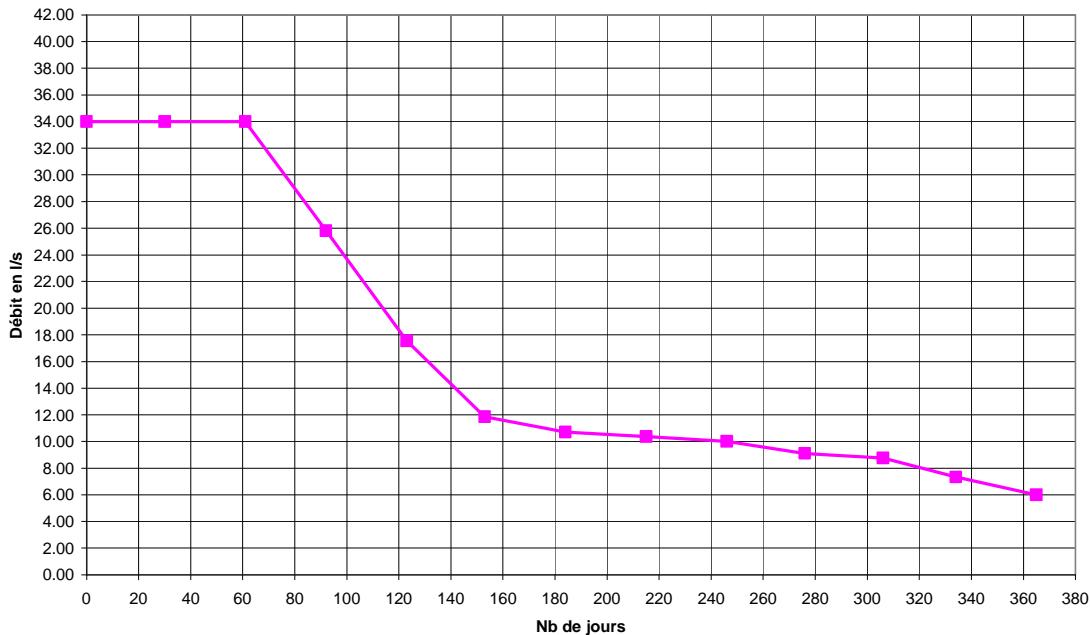
L'observation de la courbe des débits classés laisserait supposer qu'un débit de 40 l/s pourrait être exploité. Un tel choix ne serait cependant pas idéal dans la mesure où :

1. La perte de charge induite par un tel débit serait de 134.5 m, soit 28.5 % de la dénivellation. Une telle perte rend techniquement impossible la réalisation d'une turbine, l'écart entre le fonctionnement à pleine charge et à charge partielle étant trop important d'un point de vue hydrodynamique.
2. Cette valeur est essentiellement due au débit important mesuré en 2005, sans qu'il soit possible de déterminer s'il s'agit d'un comportement habituel ou exceptionnel.

Compte tenu de ces remarques et en nous basant sur la comparaison des mesures 2003-2005, le débit d'équipement est choisi à 34 l/s.

La perte de charge correspondante est de 100m, ce qui donne à un rendement de conduite de 78.8 % seulement.

La courbe des débits turbinables est représentée ci-après :

Commune de St-Jean - Débit classés turbinable des sources d'eau potable

7 Description de l'aménagement

7.1 Principe de fonctionnement

Le fonctionnement prévu de l'installation est le suivant :

- Tant que le débit entrant dans la chambre de réunion et de mise en charge est inférieur au débit minimum de fonctionnement de la turbine, l'eau est acheminée dans le réservoir intermédiaire par le by-pass dissipateur d'énergie.
- Tant que le débit entrant dans la chambre de réunion et de mise en charge est compris entre les débits minimum et maximum de la turbine, toute l'eau passe par l'installation hydro-électrique.
- Dès que le débit entrant dans la chambre de réunion et de mise en charge dépasse le débit maximum de la turbine, l'eau supplémentaire est déversée à la chambre de réunion et de mise en charge.

En cas d'arrêt de la petite centrale hydraulique, le débit est évacué par le by-pass dissipateur d'énergie.

La régulation de la turbine est asservie à une mesure de niveau à la chambre de réunion et de mise en charge. A noter qu'un tube pouvant faire office de passe câble de liaison a été posé entre la chambre de mise en charge et le réservoir.

7.2 Conditions de fonctionnement

Les principales caractéristiques hydrauliques de l'aménagement sont données ci-dessous :

- Altitude du plan d'eau amont considérée pour le calcul :	1'933.00	m
- Altitude d'implantation de la turbine	1460.00	m
- Dénivellation	ΔZ	473 m
- Latitude de la centrale	φ_l	46.2 °latitude
- Accélération de la pesanteur	G	9.803 m/s ²
- Longueur totale de la conduite forcée	L	1280 m
- Diamètre intérieur du 1 ^{er} tronçon	DN ₁	141 mm
- Longueur du 1 ^{er} tronçon	L ₁	20 m
- Diamètre 2 ^{ème} du premier tronçon	DN ₂	110.2 mm
- Longueur du 2 ^{ème} tronçon	L ₂	300 m
- Diamètre intérieur du 3 ^{ème} tronçon	DN ₃	102.2 mm
- Longueur du 3 ^{ème} tronçon	L ₃	120 m
- Diamètre intérieur du 4 ^{ème} tronçon	DN ₄	125 mm
- Longueur du 4 ^{ème} tronçon	L ₄	860 m
- Température de l'eau	T _{eau}	7 °C moy (4 à 10)
- Température extérieure	T _{ext}	-20 °C à + 30 °C
- Pertes de charge totales estimées dans la conduite		86'470 x Q ²
- Installation des équipements		Intérieur
- Réseau électrique local		400 V
- Volume de régulation à la chambre de mise en charge		Env. 1 m ³
- Fonctionnement prévu		Continu, 24/24, 365/365
- Facteur de disponibilité requis		> 95%

7.3 Matériel hydro- et électromécanique

7.3.1 Turbine

Les caractéristiques sont les suivantes :

Débit d'installation	0.034	m ³ /s
Chute nette à 0.034 m ³ /s	373	m
Masse volumique de l'eau	1'000.7	kg/m ³
Constante de gravité	9.803	N/kg

Nombre de turbines	1	
Types de turbine	Pelton	
Axe	vertical, roue en porte à faux sur l'arbre alternateur	
Débit nominal de la turbine	0.034	m^3/s
Nombre d'injecteurs	1	
Puissance mécanique	110	kW
Vitesse de rotation recommandée	1'500	min^{-1}
Vitesse d'emballlement estimée	2'850	min^{-1}
Construction de la roue	Augets rapportés, usinés en CNC	
Commande de l'injecteur	par vérin électrique	
Déflecteur	à commande par ressort	
Hauteur de dénoyage minimale entre l'axe des injecteurs et le plan d'eau aval	0.25 m	

De manière à faciliter les opérations d'entretien, il est prévu que le démontage de la turbine s'effectue par dessus.

Afin de garantir une longévité des équipements, les matières suivantes sont recommandées pour la réalisation de la turbine :

- Pièces mécano-soudées (collecteur, bâti, injecteurs) : acier inoxydable 1.4301
- Pièces usinées (pointeaux et tuyères des injecteurs, moyeu de la roue) : acier inoxydable 1.4305
- Augets de la roue : acier inoxydable 1.4313 ou 1.4531

Il est en outre prévu d'installer **une prise de pression normalisée** sur le collecteur de la machine.

7.3.2 Vannes de révision

La sécurité étant assurée par le déflecteur de la turbine, les seules vannes prévues sont les vannes de révision de la turbine et du by-pass destructeur d'énergie. Elles seront toutes deux de type sphérique, laissant ainsi le passage totalement libre dans la conduite. La première sera de diamètre DN 125 PN 65 et la seconde DN 80, PN 65. Leur manœuvre sera manuelle.

Le matériel recommandé pour les vannes et l'acier inox.

Le tronçon entre la vanne de garde et la turbine sera muni d'un robinet de purge.

7.3.3 By-pass

Un by-pass destructeur d'énergie régulé doit être installé pour assurer l'alimentation en eau potable en cas de débit insuffisant ou de révision du groupe. Celui-ci sera placé en parallèle au turbogroupe.

Nous recommandons l'utilisation d'un dissipateur de Carnot qui présente l'avantage d'être de conception particulièrement simple et fiable. Son fonctionnement est similaire à un injecteur de turbine Pelton fonctionnant de manière immergée.

7.3.4 Moyens de levage

Il n'est pas prévu de moyen de levage permanent à l'intérieur de la centrale.

7.3.5 Sécurité

La sécurité est assurée par les déflecteurs et le by-pass. En cas de déclenchement de la turbine, le déflecteur entrera en action, le pointeau se fermera et le by-pass s'ouvrira. Il sera asservi à la consigne de niveau amont de la chambre de mise en charge.

La sécurité devra être assurée en cas d'absence de courant. A cette fin :

- les pointeaux auront une tendance à la fermeture (autoclaves),
- les déflecteurs seront actionnés par ressorts,
- les commandes seront en 24 V CC secourues.

7.4 Equipements électriques

7.4.1 Alternateur

Type	Asynchrone	
Nombre	1	
Fréquence	50	Hz
Tension aux bornes	400 V	
Vitesse nominale recommandée	$\sim 1'500$	min^{-1}
Vitesse d'emballlement	$\sim 2'850$	min^{-1}
Cos phi à charge nominale en moteur	0.90	
Puissance	~ 125	kW
Degré de protection	IP 23	
Classe d'isolation	F	
Refroidissement	Air	

Construction	Axe vertical avec roue turbine en porte-à-faux
Paliers	A roulements graissés du commerce
Durée de vie des paliers	100'000 h
Sondes de température	PT100 sur bobinage et paliers

Les paliers seront à roulements, graissés à vie et tiendront compte du fait que la roue de la turbine est placée en porte-à-faux en bout d'arbre.

7.4.2 Alimentation de secours

Le contrôle commande (notamment les vérins de commande des organes de régulation du débit) sera alimenté en 24 V CC et secouru par des batteries. L'armoire correspondante sera intégrée dans le contrôle commande et comprendra : chargeur, onduleur, protection et contrôleur de charge.

7.4.3 Mise à la terre

Tous les équipements devront être mis à la terre.

7.4.4 Connexion au réseau

La connexion au réseau s'effectuera en 400 V au niveau du poste de la Bourgeoisie dans les hauts du village de St-Jean. Elle sera réalisée par Sierre Energie SA.

7.5 Contrôle commande

7.5.1 Description

La petite centrale étant incluse dans un réseau d'adduction, sa régulation et son exploitation devront être des plus simples, réduisant au minimum les interventions du personnel d'exploitation.

La régulation sera asservie au niveau du plan d'eau amont de la chambre de mise en charge. Le signal (4-20 mA) sera le même que celui utilisé pour la régulation du by-pass dissipateur d'énergie. La sonde de niveau sera reliée à la centrale par un câble de liaison installé dans le tube existant suivant la conduite.

La turbine devra pouvoir fonctionner en automatique ou en manuel (Mise en route et couplage au réseau).

En cas de déclenchement de réseau, le redémarrage se fera de manière automatique. Il en est de même en cas d'arrêt consécutif à une alarme, si celle-ci disparaît sans intervention humaine.

Les installations seront protégées par un parafoudre.

L'ordre d'ouverture ou de fermeture du by-pass sera donné par le contrôle commande de la centrale. Celui-ci devra pouvoir être réglé en continu.

Les tableaux électriques comprendront en outre les éléments suivants :

- Commande de l'injecteur avec affichage de l'ouverture,
- Arrêt d'urgence.

Les indicateurs suivants sont prévus :

- Voltmètres réseau et alternateur, wattmètre, fréquencemètre, mesure du $\text{Cos } \varphi$, compte tour,
- Indicateur de niveau amont,
- Indicateur de charges des batteries de secours,
- Compteur d'heures, compteur de démarrage,
- Températures des roulements et du bobinage de l'alternateur,
- Arrêt d'urgence.

Les alarmes suivantes devront être traitées :

- Niveau amont insuffisant,
- Surcharges alternateur,
- Survitesse,
- Arrêt d'urgence,
- Défaut de mise en marche,
- Roulements alternateurs,
- Bobinages,
- Retour de courant,
- Surcharge batteries,
- Défaut batterie.

On aura exclusivement recours à des commandes à relais ou par automates programmables.

Le système de contrôle-commande sera en 24 V CC secouru.

Tous les signaux seront en 4-20 mA.

Les alarmes seront transmises au centre de contrôle de Sierre Energie SA pour intervention si elles sont persistantes.

Tout défaut de mise en marche de la petite centrale commandera le passage à une régulation de débit par le seul by-pass, ceci afin d'assurer l'alimentation en eau de la commune.

7.5.2 Liaison avec les système de conduite de Sierre Energie SA

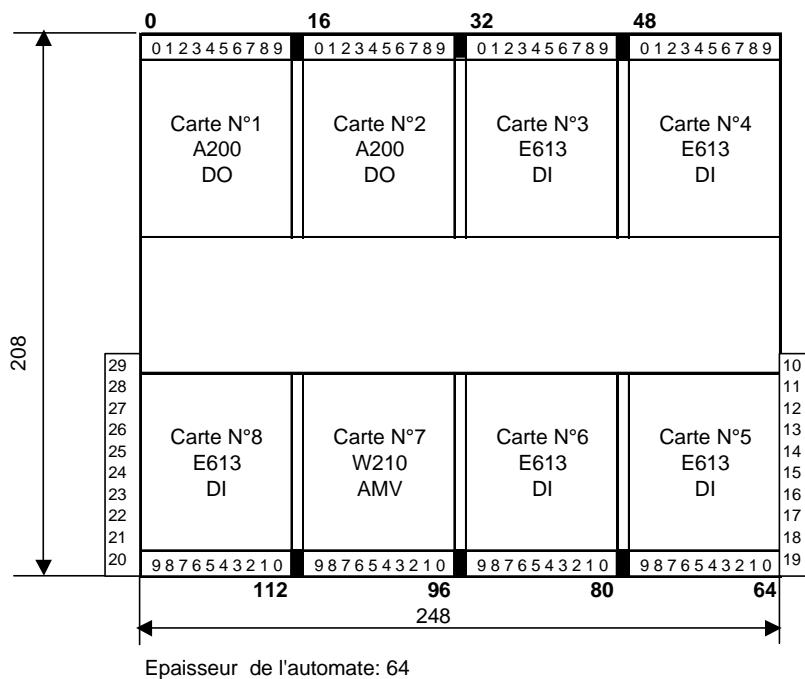
La mini-centrale de St-Jean devra pourvoir être contrôlée et commandée à distance par Sierre-Energie, via un équipement de type microScada. Pour ce faire, Sierre-Energie livrera un automate de type de RTU20 ainsi qu'un émetteur/récepteur fibres optiques pour la liaison avec son centre de conduite à Sierre.

Ces équipements seront raccordés, via un coupe-circuit, au réseau 24VDC de l'armoire de commande, celui-ci étant stabilisé et secouru. L'intensité nécessaire pour alimenter les deux appareils est de 1A.

Le RTU20 servira à acquérir les signaux nécessaires au contrôle de la mini-centrale et à fournir les signaux de commande. Pour ce faire, il sera équipé comme suit :

- 40 Entrée numériques 24VDC
- 8 Sorties numériques (contact libre de potentiel)
- 8 Entrée analogiques 0-20 mA

Automate de base M120



L'automate de contrôle-commande de la mini-centrale sera pourvu d'entrées/sorties dédiées à la liaison avec le RTU20, soit :

- 40 Sorties numériques (contact libre de potentiel)
- 8 Entrées numériques 24VDC

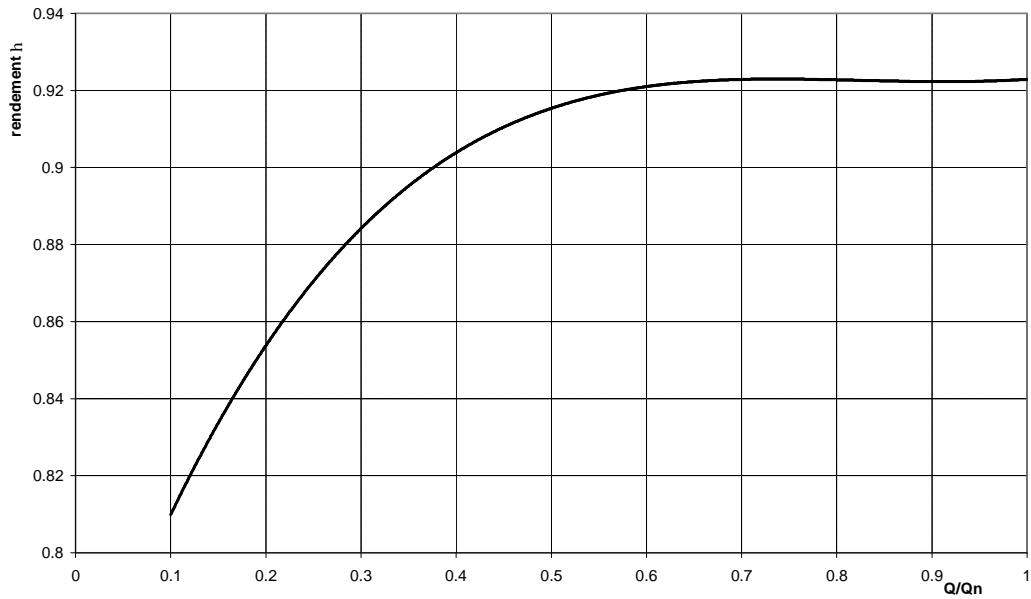
Le détail des signaux interchangés entre l'automate de contrôle-commande et le RTU20 sera défini lors de la construction.

7.6 Rendement des équipements

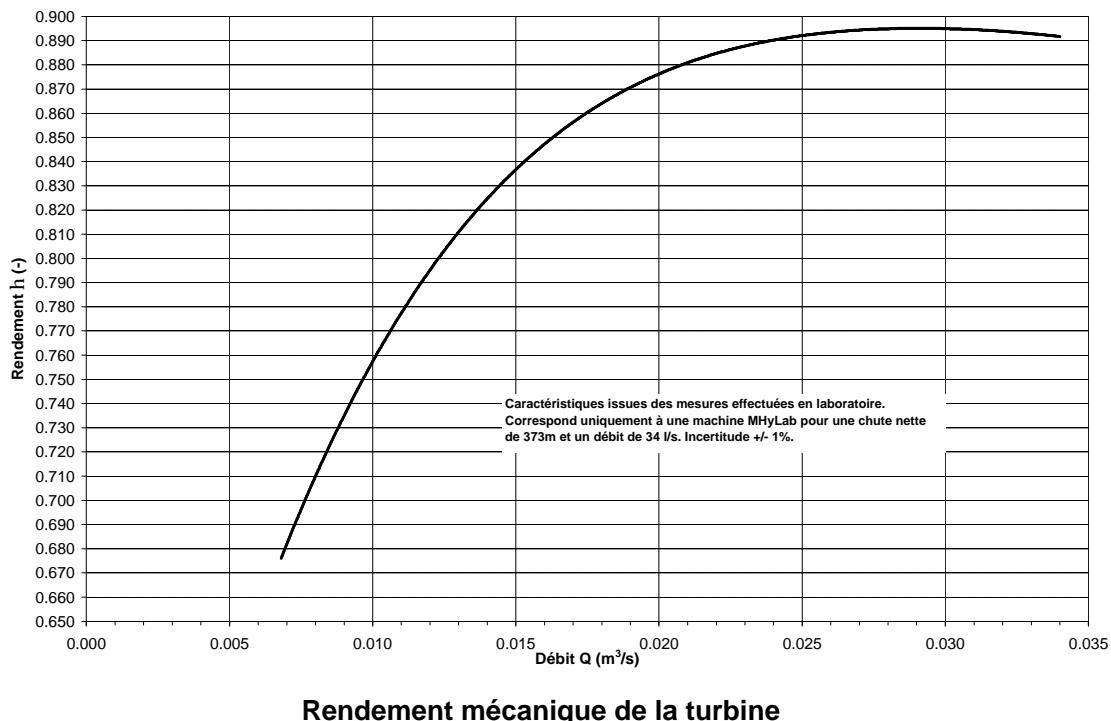
Les graphiques ci-après donnent les rendements de l'alternateur et de la turbine considérés dans la suite de ce document.

Le rendement de l'alternateur est donné selon des valeurs relatives au débit d'équipement.

Le rendement de la turbine est déterminé à partir des résultats d'essais MHyLab. Il est fourni à titre indicatif et n'est valable que pour des turbines issues de développement en laboratoire.



Rendement de l'alternateur



Rendement mécanique de la turbine

7.7 Génie civil

La conduite et le tube passe câble ayant été posés en 2005, la description des travaux de génie civil se limite à la centrale.

Celle-ci sera un simple bâtiment de 6.0 m par 4.0 m en béton avec toit à 2 pans. Aucun moyen de levage fixe n'est prévu dans la centrale à l'exception d'un rail pour palan amovible.

Le trop plein du réservoir déversera directement dans un torrent en contrebas par une conduite ou un canal à écoulement libre.

Une conduite reliera la centrale au réservoir. On profitera en outre de la fouille pour installer la conduite de liaison du by-pass, lequel sera installé dans le réservoir.

8 Production annuelle moyenne

La production annuelle est calculée à partir de la courbe des débits classés de la chute nette pour le débit correspondant et des rendements du turbogroupe définis dans le paragraphe 7.6.

Nous considérons que l'indisponibilité de la centrale (révision, quantité d'eau insuffisante, etc.) n'excède pas 5 jours par an.

Tous calculs faits, la production annuelle moyenne est estimée à 450'000 kWh.

9 Analyse économique

Le taux d'intérêt considéré dans cette étude est de 4%.

La durée d'amortissement est de 20 ans pour les équipements électromécaniques et de 40 ans pour le génie civil.

La totalité de l'investissement provient soit d'un emprunt bancaire, soit de capitaux propres rémunérés au même taux La totalité de l'investissement provient soit d'un emprunt bancaire, soit de capitaux propres rémunérés au même taux, soit 4%.

Les frais d'ingénierie et d'imprévus sont partagés au prorata entre le génie civil et l'électromécanique.

Les coûts pris en considération ci-dessous ne concernent que les frais imputables à la réalisation de l'installation hydroélectrique.

Les investissements ont été déterminés soumissions rentrées pour le matériel électromécanique. Les coûts de Génie civil ont été fournis par le bureau Simon Cretaz. Ceux inhérents à la conduite correspondent au montant final facturé.

Le coût du raccordement électrique provient d'un devis de SierreEnergie.

9.1 Investissement

Le projet étant intégré dans le cadre d'un renouvellement de l'adduction d'eau, seul les coûts directement imputables à la petite centrale doivent être comptabilisé.

Il convient dès lors de déterminer la plus-value de la conduite posée relativement à celui d'une conduite PE 125 PN 10 qui serait installée dans le cas du réseau d'adduction sans turbinage.

La commune ayant pu se procurer à très bon compte 860 m de conduite en fonte DN 125, cette plus value, selon le bureau d'Ingénieur civil, est estimée à seulement CHF 10'000.00.

Le by-pass destructeur d'énergie ainsi que sa vanne de révision sont imputés au réseau d'eau potable en compensation des chambres brise-charge qui ne doivent plus être réalisées.

L'ensemble des coûts HT considérés dans cette étude est résumé dans le tableau ci-dessous :

Turbine et installation électrique	CHF	213'000.-
Connexion au réseau électrique	CHF	65'000.-
Système de télégestion	CHF	30'000.-
Total Electro-mécanique	CHF	308'000.00
Plus-value sur la conduite pour le turbinage	CHF	10'000.-
Génie civil centrale + adaptation existant	CHF	60'000.-
Total Génie Civil	CHF	70'000.-

Honoraires	CHF	37'000.-
Mesures de pertes de charges	CHF	4'000.-
Divers et imprévus	CHF	21'000.-
Etude de faisabilité (réalisée en 2004)	CHF	9'000.-
Total	CHF	449'000.-

9.2 Chiffre d'affaire, bénéfice annuel et prix de revient

La vente de la totalité de l'énergie produite est effectuée à un tarif de 10 cts/kWh. Ce tarif est issu de la proposition de Sierre Energie qui, en contrepartie, participe à hauteur de 50% à l'investissement de la petite centrale. Il n'y a donc pas de possibilité de faire valoir un droit à la rétribution fixée pour les producteurs indépendants.

Les frais d'entretien annuel et charges d'exploitation sont estimés à partir d'installations similaires. Ils se montent à environ CHF 5'000.-.

Le changement des paliers de la génératrice, réalisé de manière préventive, est prévu tous les 10 ans. Les frais inhérents à cette opération sont évalués à CHF 10'000.-.

Un changement de l'ensemble du contrôle commande est prévu après 20 ans. Le montant de cette opération est chiffré à CHF 30'000.-.

Le temps de retour sur investissement brut correspond à la durée nécessaire pour que le cash flow cumulé non actualisé devienne positif. Le temps de retour sur investissement actualisé tient compte, comme son nom l'indique, de l'actualisation des flux financiers.

Les résultats de l'étude financière sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Production annuelle	450'000	kWh
Investissement	449'000.-	CHF
Chiffre d'affaire brut	45'000.-	CHF
Chiffre d'affaire net	40'000.-	CHF
Temps de retour sur investissement brut	11 ans et 3 mois	
Temps de retour sur investissement actualisé	16 ans et 7 mois	
Valeur actuelle nette à 20 ans	69'600.-	CHF
Valeur actuelle nette à 30 ans	214'590.-	CHF
Valeur actuelle nette à 40 ans	314'620.-	CHF
Taux de rendement interne à 20 ans	5.76	%
Taux de rendement interne à 30 ans	7.69	%
Taux de rendement interne à 40 ans	8.29	%

Il est également possible de calculer un prix de revient aux même échéances :

Prix de revient à 20 ans	8.45	cts/kWh
--------------------------	------	---------

Prix de revient à 30 ans	6.88	cts/kWh
Prix de revient à 40 ans	6.15	cts/kWh

Comme on peut le constater, même le prix de revient à 20 ans est avantageux. Compte tenu de la qualité de l'eau, il n'est par ailleurs pas illusoire de considérer un prix de revient sur 30 ou 40 ans, les équipements pouvant facilement atteindre une durée de vie similaire s'ils sont bien entretenus.

10 Conclusions

- Les calculs économiques confirment que la variante retenue suite à l'étude de faisabilité est la bonne.
- Le coût particulièrement bas de la conduite achetée par la Commune de St-Jean a permis d'améliorer sensiblement le résultat financier prévisible. Si cette opportunité ne s'était pas présentée, le choix d'une conduite DN 150 se serait alors imposé.
- La conduite étant longue, des mesures de pertes de charge devront avoir lieu avant le dimensionnement définitif de la petite turbine.