



Forces Motrices de la Gougra SA

MINI-HYDRAULIQUE EN ANNIVIERS

Projet Chippis-Ricard

Etude de variantes et avant-projet

Auteurs:

Groupement Anniviers Hydro

p.a. TELSA SA

Ch. St-Hubert 28

1950 Sion

Tél. 41 27 324 48 40

Fax : +41 27 324 48 58

E-mail : info@telsa.ch



Date: 09.04.2008

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: Rapport No K09261-01

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



Résumé

Le projet à l'étude entend augmenter le débit capté dans la Navisence jusqu'à un maximum de 1'265 l/s, faire transiter cette eau dans la galerie existante, et finalement séparer les eaux destinées à l'irrigation des eaux à turbiner. Une chute brute de l'ordre de 130 m peut alors être exploitée par l'installation d'une centrale à proximité de la Navisence à Chippis (coordonnées nationales env. 124'925 / 608'150, altitude 548 m s.m.), avant restitution dans le lit de la rivière.

Voir rapport complet.



Forces Motrices de la Gougra



Mini hydraulique en Anniviers

Projet Chippis-Ricard

Etude de variantes et Avant-projet

Table des matières	Page
1. Contexte _____	5
2. Revue des documents de base _____	6
3. Caractéristiques des aménagements projetés _____	7
3.1 Variante 1	7
3.1.1..... Généralités _	7
3.1.2..... Description des ouvrages _	7
3.2 Variante 2	9
3.2.1..... Généralités _	9
3.2.2..... Description des ouvrages _	9
4. Hydrologie _____	11
4.1 Méthodologie	11
4.2 Courbes des débits classés	11
4.3 Débit résiduel et débit d'irrigation	13
5. Géologie et hydrogéologie _____	15
5.1 Contexte géologique	15
5.2 Observations géologiques et hydrogéologiques	15
5.2.1..... Observations en galerie	15
5.2.2..... Observations extérieures	16
5.3 Conséquences pratiques	17
5.3.1..... Variante 1	17
5.3.2..... Variante 2	17
6. Aspects constructifs _____	18
6.1 Implantation	18
6.2 Logistique et accès	18
7. Incidences sur les aménagements existants _____	19
8. Incidences sur l'irrigation, l'enneigement et l'eau potable _____	19
9. Dimensionnement préliminaire des équipements _____	19
9.1 Caractéristiques hydrauliques de la conduite forcée et choix du débit d'équipement	19
9.1.1..... Profil en long	19
9.1.2..... Choix du débit d'équipement et caractéristique de la conduite	21
9.2 Dimensionnement préliminaire	21
9.2.1..... Choix du type et du nombre de machines	21
9.2.2..... Principe de fonctionnement des installations de turbinage	23
9.2.3..... Turbines	23
9.2.4..... Vanne de garde et de sécurité	25

9.2.5.....	Alternateur	25
9.2.6.....	Connexion au réseau et transformateur	25
9.2.7.....	Contrôle commande	26
9.3	Calculs de production	26
9.3.1.....	Production sans irrigation	28
9.3.2.....	Production avec irrigation maximale	28
10.	Analyse économique comparative des variantes	29
10.1	Investissements	29
10.2	Chiffre d'affaire annuel	30
10.2.1	Sans irrigation	30
10.2.2.....	Avec irrigation maximale	31
10.3	Calcul du prix de revient et de la marge	31
10.3.1	Sans irrigation	31
10.3.2.....	Avec irrigation maximale	32
10.4	Choix de la variante retenue	32
11.	Avant-projet de la variante retenue	33
11.1	Description technique des ouvrages de génie civil.....	33
11.1.1	Prise d'eau	33
11.1.2.....	Canal d'amenée	34
11.1.3.....	Dessableur	34
11.1.4.....	Galerie	36
11.1.5.....	Ouvrage de répartition	36
11.1.6.....	Canal d'amenée	36
11.1.7.....	Chambre de mise en charge	37
11.1.8.....	Conduite forcée	37
11.1.9.....	Centrale et restitution	38
11.2	Description technique de la partie électromécanique.....	39
11.2.1	Principe de fonctionnement de l'installation de turbinage	39
11.2.2.....	Turbine	39
11.2.3.....	Vanne de garde	41
11.2.4.....	Vanne de by-pass	41
11.2.5.....	Alternateur	41
11.2.6.....	Raccordement électrique / TFO 16KV	42
11.2.7.....	Contrôle commande	42
11.2.8.....	Alimentation de secours	43
11.2.9.....	Sécurité des équipements	43
11.2.10	Maintenance	43

11.2.11	Garanties	44
11.2.12	Local de turbinage	44
11.3	Terrains et servitudes	45
11.4	Calculs économiques	45
11.4.1	Investissements	46
11.4.2	Chiffre d'affaire annuel	47
11.4.3	Calcul du prix de revient et de la marge selon OEne	47
11.4.4	Calcul du prix de revient avec amortissement classique	48
12.	Notice préliminaire d'impact	49
12.1	Introduction	49
12.2	Concessions et procédures	49
12.2.1	Concessions	49
12.2.2	Bases légales et procédures	49
12.3	Projet technique	50
12.3.1	Aménagements	50
12.3.2	Débits de dotations	50
12.4	Diagnostic environnemental	51
12.4.1	Etat actuel	51
12.4.2	Impacts attendus	51
12.4.3	Etudes nécessaires	52
12.5	Protection de la flore	52
12.5.1	Etat actuel	52
12.5.2	Impacts attendus	52
12.5.3	Etudes nécessaires	53
12.6	Protection du paysage / tourisme	53
12.6.1	Etat actuel	53
12.6.2	Impacts attendus	53
12.6.3	Mesures	54
12.7	Faune	54
12.7.1	Etat actuel	54
12.7.2	Impacts attendus	54
12.7.3	Mesures	54
12.8	Protection contre le bruit	55
12.8.1	Etat actuel	55
12.8.2	Impact attendus et études nécessaires	55
12.9	Eaux de surfaces	55
12.9.1	Etat actuel	55

12.9.2.....	Impacts attendus	55
12.9.3.....	Mesures	55
12.10 Protection des sols.....		56
12.10.1	Etat actuel	56
12.10.2	Impacts attendus	56
12.10.3	Mesures	56
12.11 Protection de la forêt.....		56
12.11.1	Etat actuel	56
12.11.2	Impacts attendus	57
12.11.3	Etudes nécessaires	57
12.12 Dangers naturels		57
12.12.1	Etat actuel	57
12.12.2	Etudes nécessaires	57
12.13 Synthèse		57
13. Calendrier prévisionnel/Suite des démarches		58
14. Remarques et recommandations		59

Contexte

Ce projet profite de l'infrastructure existante du bisse de Ricard, prenant l'eau sur la rive gauche de la Navisence environ 270 m à l'aval du pont suspendu au fond de la gorge (coordonnées nationales 123'750 / 608'825, altitude 692 m s.m.) et l'amenant pour irrigation jusqu'au-dessus de Chalais.

Sur tout le premier tronçon (environ 1.8 km) le bisse est souterrain, dans une galerie longeant la vallée. Le débit de dotation du bisse est de 265 l/s, à garantir 5.5 mois par année (mi-avril à fin septembre).

Le projet à l'étude entend augmenter le débit capté dans la Navisence jusqu'à un maximum de 1'265 l/s, faire transiter cette eau dans la galerie existante, et finalement séparer les eaux destinées à l'irrigation des eaux à turbiner. Une chute brute de l'ordre de 130 m peut alors être exploitée par l'installation d'une centrale à proximité de la Navisence à Chippis (coordonnées nationales env. 124'925 / 608'150, altitude 548 m s.m.), avant restitution dans le lit de la rivière.

Une vue en plan montrant le projet est fournie en Annexe 1. Elle présente les différentes variantes considérées dans le cadre de l'étude, qui sont discutées dans les prochaines sections du présent document.

D'un point de vue hydrologique, les variantes portent sur la possibilité de capter les cours d'eau de Pinsec et de Cretta très en amont, pour les acheminer vers la retenue de Vissoie, qui elle-même alimente la Navisence après turbinage.

Revue des documents de base

Deux documents, remis au Groupement au début du projet, servent de base à cette étude :

- [1] : IDEALP, Mini-hydraulique, Evaluation des potentiels hydrologiques et énergétiques de nouveaux captages dans le val d'Anniviers, Rapport technique, Sion, 24 avril 2007
- [2] : HES SO Valais (M. Dubas, Y. Pigueron), Val d'Anniviers : mini-hydraulique, Mandat No 19075, 19 juillet 2007.

D'un point de vue constructif, il faut noter que le site de la prise d'eau et du dessableur est inaccessible autrement qu'à pied ou en hélicoptère, ce qui compliquera les travaux et renchéra singulièrement le coût du génie civil dans cette zone par rapport à ce qui a été admis dans l'étude HES SO (200'000 CHF).

Egalement, le prix admis (232'000 CHF) pour la fourniture et pose de la conduite forcée dans la pente semble sous-estimé, au vu de la difficulté d'accès (aucun accès routier ou pédestre) et aux conditions de sécurité précaires.

Par ailleurs, le diamètre de la conduite devrait être augmenté par rapport à l'étude initiale (300 mm) afin de limiter les pertes de charge et d'obtenir un rendement de conduite du même ordre de grandeur que celui du rendement des équipements que le futur exploitant est en droit d'exiger. Cette mesure permettra d'accroître la rentabilité du projet à long terme.

On peut de plus relever que le dimensionnement préliminaire proposé repose sur l'analyse d'une courbe de débits moyens mensuels. Cette manière de faire a pour effet de biaiser le raisonnement, les valeurs extrêmes (crues et étiages) étant de fait lissées par l'effet "moyenne".

Enfin, l'on peut noter que les documents de base ne donnent aucune indication sur la manière dont est assurée la sécurité au niveau du canal d'amenée. La prise d'eau et le canal d'amenée sont conçus pour laisser transiter un débit correspondant au débit d'équipement de la centrale et au débit d'irrigation. En cas d'arrêt de la turbine (provoqué par exemple par une perte de réseau), la totalité du débit continuera à transiter dans l'adduction et devra par conséquent être évacué en toute sécurité. Un dispositif en ce sens est donc à prévoir. La situation inverse est également à considérer, à savoir l'arrêt ou la réduction de l'irrigation sans que l'information ne soit transmise à la centrale.

Ces différents constats ont amené le groupement à reprendre l'ensemble des études en établissant une courbe interannuelle¹ des débits classés journaliers et en définissant plusieurs variantes de débit d'équipement.

¹ Moyenne interannuelle : moyenne arithmétique, sur un certain nombre d'années, des valeurs observées d'une variable hydrologique associées à une date ou période donnée de l'année.



Caractéristiques des aménagements projetés

VARIANTE 1

Généralités

Cette variante dite « de base » consiste à effectuer une bifurcation souterraine au droit du couloir dans lequel on projette d'implanter la conduite. Le débit réservé à l'irrigation continue à s'écouler dans la galerie existante comme jusqu'à présent.

Description des ouvrages

Prise d'eau

Une prise d'eau et un dessableur existent déjà à l'amont. Toutefois ils ont été dimensionnés pour un débit de 360 l/s [2], et devront être adaptés, ou plus vraisemblablement démontés et reconstruits.



Photo 0.1 : Déversoir existant de l'ouvrage de prise

Il est intéressant de constater qu'un débit relativement constant de 20-30 l/s d'eau claire, filtrée naturellement, débouche d'une galerie conduisant à une ancienne prise d'eau située plus à l'amont que la prise actuelle (aujourd'hui hors service car partiellement effondrée). Ces eaux sont récupérées et acheminées dans le bisse de Ricard sans transiter par le dessableur, pour rejoindre les eaux captées via la prise d'eau.

Sur ce site devront être construits une prise d'eau, un canal d'amenée d'une longueur de 100 m environ, et un dessableur, le tout pour un débit de dimensionnement de 1265 l/s.



Photo 0.2 : Prise d'eau latérale, existante



Photo 0.3 : Dessableur existant (sous le couvert de planches)

Galerie d'amenée et chambre de mise en charge

La galerie d'amenée est existante. Elle a été construite par étapes durant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Principalement elle est composée de deux tronçons, reliés par un canal à l'air libre d'environ 20 m entre les deux portails. La galerie amont (longueur env. 1150 m) possède une fenêtre d'accès intermédiaire qui a servi lors de l'excavation. La pente longitudinale de la galerie varie entre 4 et 10‰. La galerie aval est longue d'environ 650 m, et c'est environ au milieu de cette dernière que la bifurcation est prévue.

Les deux galeries ont une section non revêtue (hormis un radier en béton et localement dans les zones géologiquement plus faibles, un revêtement en béton coffré), et relativement irrégulière. Les dimensions approximatives de la galerie amont sont d'environ 1.0-1.2 m de large et 1.6-2.0 m de haut. Localement, le profil peut s'abaisser encore plus, laissant une ouverture de l'ordre de 1.3 m. Quant à la galerie aval, sa section est plus confortable, avec une largeur de l'ordre de 1.2-1.4 m pour une hauteur de 2.0-2.2 m environ.



Le passage de l'écoulement dans ces galeries doit se faire en écoulement libre, quitte à aléser localement les sections critiques d'un point de vue hydraulique.

Les travaux à effectuer consistent en une bifurcation avec dérivation des eaux de turbinage dans une nouvelle galerie à excaver, d'une longueur d'environ 90 m jusqu'à la surface. Le portail débouchera dans une pente escarpée où aucun accès n'est possible autrement qu'à pied (le long du chemin de l'ancien bisse). Le bisse étant hors eau 6.5 mois par année, les travaux se feront depuis le portail aval de la galerie existante (coordonnées 125'025 / 607'675), accessible par route. Au droit du portail à créer (mais toujours en souterrain), une chambre de mise en charge doit être excavée et aménagée (altitude env. 675 m s.m.), avant le départ de la conduite forcée. Cette partie des excavations sera la plus délicate, de par la plus grande section de la chambre et la proximité immédiate de la surface du terrain.

Conduite forcée

La pente moyenne de la conduite est d'environ 38°, avec une chute brute de 127 m entre les altitudes 675 m s.m. (chambre de mise en charge) et 548 m s.m. au bord de la Navizence. Le tracé envisagé pour cette conduite dans les études existantes est situé dans un couloir très exposé et peu boisé, où ont lieu de fréquentes chutes de pierres.

Aucun accès intermédiaire n'est possible le long de la conduite, ne serait-ce que pédestre. Tous les travaux de fouille et pose de la conduite forcée devraient donc être réalisés par hélicoptère, dans des conditions de sécurité précaires.

Centrale hydroélectrique et restitution

La centrale est prévue au bord de la Navizence sur la rive gauche sur un terrain relativement plat, à l'amont de l'ancienne usine désaffectée (mais habitée). Actuellement et à l'endroit où elle est prévue, aucun accès n'est possible par route. Une piste d'accès temporaire devrait donc être aménagée.

Equipement électrique

Une ligne 16KV d'une longueur d'environ 600 m doit être installée pour permettre d'injecter cette énergie dans le réseau SIESA

VARIANTE 2

Généralités

L'intérêt du projet étant de profiter de la galerie existante pour le transfert du bisse de Ricard, il n'y a pas matière à variantes dans la partie amont du projet (prise d'eau et galerie d'amenée).

Si l'on décide de conserver le périmètre d'implantation prévu pour la centrale, seuls le point de piquage sur la galerie et le tracé de la conduite forcée peuvent être adaptés, quoique de manière modeste.

Description des ouvrages

Prise d'eau, dessableur

Ouvrages identiques à la variante 1.

Galerie d'amenée et chambre de mise en charge

Les possibilités de variantes sont ici plus ouvertes :

- Déplacer la galerie de bifurcation et la centrale plus à l'amont ne fait pas grand sens. Les accès ne sont pas meilleurs (au contraire), et la dénivellation exploitable est réduite.
- Déplacer la galerie de bifurcation et la centrale plus à l'aval est envisageable. Toutefois, en poussant plus loin le raisonnement, on en arrive rapidement à la variante décrite ci-dessous.
- Renoncer à la galerie de bifurcation et séparer les eaux d'irrigation et de turbinage à la sortie de la galerie existante est une option intéressante. Puisque les eaux doivent in fine être restituées dans la Navizence et compte tenu de la topographie du lieu, il est alors nécessaire de revenir vers l'est (« en arrière ») avec un canal à écoulement libre sur environ 300 m, raccordé à la chambre de mise en charge et à la conduite forcée. La topographie est nettement plus favorable pour la construction de cette dernière, avec des pentes moins raides et moins exposées aux chutes de pierre. Il faut toutefois relever la présence d'une forêt sur l'ensemble du tracé, ainsi qu'une plus grande longueur de conduite. La centrale pourrait avantageusement être déplacée vers l'aval, comme on le voit à l'Annexe 1.

C'est cette dernière option qui est décrite et considérée ci-dessous.

Conduite forcée

Comme évoqué précédemment, cette variante est plus favorable en terme de pente (environ 29°), plus sûre également eu égard aux conditions topographiques. Par contre elle est plus sensible d'un point de vue environnemental puisqu'elle est intégralement à construire dans une forêt, et présente aussi le désavantage d'être quelque peu plus longue.

Par ailleurs, le franchissement des zones rocheuses escarpées juste en dessous du chemin pédestre de l'ancien bisse à flanc de coteau nécessiterait des ancrages en béton au niveau des angles de la conduite, et compromettrait la possibilité d'enfouir la conduite, tout au moins sur ce tronçon supérieur.

Enfin, le tracé de la conduite forcée est aussi celui de lignes H.T., ce qui peut être problématique vis-à-vis de l'héliportage des matériaux ou de l'abattage d'arbres notamment.

Centrale hydroélectrique et restitution

La centrale pourrait être implantée plus en aval sur un terrain plus plat, ce qui permettrait par ailleurs un accès facilité par route. Il conviendra par contre d'étudier les éventuelles interactions avec le terrain de jeu avoisinant dans le cas où cette variante est retenue.

Equipement électrique

La ligne électrique serait légèrement plus courte en déplaçant la centrale vers l'aval, cependant cette considération n'aurait aucune influence sur le choix de la variante.



Hydrologie

METHODOLOGIE

La méthode utilisée pour déterminer les courbes de débits classés se base sur une hypothèse de similitude entre l'hydrologie du bassin versant pour lequel on ne dispose pas de mesures et celle d'un bassin versant de référence, ayant des caractéristiques similaires. Les paramètres de comparaison des bassins versants sont l'altitude moyenne et la surface.

Cette démarche permet de découpler la forme de la courbe de débit classé et le calcul de la lame ruisselée annuelle moyenne :

- La courbe de débits classés du bassin de référence (caractéristique de la catégorie de bassin versant recherchée : glaciaire, nival, pluvial,...etc.) est normalisée² de façon à n'en conserver que la forme,
- La lame de ruissellement propre au site étudié est déterminée sur la base d'informations géographiques calculées pour toute la suisse par l'OFEV (couche Raster) croisée avec la situation topographique du bassin versant (établie sur la carte nationale au 1:25'000)

Finalement, la courbe des débits classés de référence est ajustée de manière à avoir un volume ruisselé par intégration identique à celui calculé sur la base de la lame ruisselée annuelle moyenne et de la surface du bassin versant.

Pour chaque bassin versant et chaque variante d'implantation de la prise d'eau, on définit ainsi une courbe des débits classés au pas de temps journalier.

Le bassin versant de référence utilisé ici est celui de Krummbach-Klusmatten, issu de l'Atlas hydrologique de la Suisse. Son altitude moyenne est de 2276 m et sa surface de 19.8 km². Son hydrologie est totalement naturelle (pas de captage du cours d'eau).

COURBES DES DEBITS CLASSES

Les calculs hydrologiques tiennent compte des prises d'eau du Torrent de Fang et du Torrent du Moulin de Vissoie. Les bassins versants situés à l'amont de ces deux prises d'eau ne sont donc pas considérés. La carte de l'Annexe 2 présente les trois variantes de bassins versants envisagées.

La Variante 3 possède la plus grande surface (36.7 km²), puisqu'elle considère la totalité du bassin versant de la Navizence au droit de la prise du bisse de Ricard, à l'exception des bassins versants partiels concernés par les deux prises d'eau mentionnées ci-dessus.

²La normalisation consiste à ramener toutes les courbes des débits classés à une courbe de forme identique, qui présente un débit moyen annuel de 1 m³/s, c'est-à-dire un volume annuel ruisselé de 31.5 mio m³ (365 jours × 24 heures × 3600 secondes).

La Variante 1 tient compte d'un projet de captage des Torrents de Pinsec et de Cretta à une altitude de 1900 m (prises d'eau N°11.1 et 11.2 mentionnées dans le rapport IDEALP). Le projet de mini-hydraulique sur ces deux torrents prévoit d'acheminer l'eau prélevée dans la retenue de Vissoie après turbinage, la rendant ainsi indisponible au niveau du bisse de Ricard. La surface des deux bassins versants alimentant ces prises d'eau est donc retranchée à la surface de la Variante 3. Le projet sur les deux torrents propose également une surélévation des captations à 2100 m d'altitude, ce qui se traduit par une augmentation de la surface du bassin versant de la Variante 1 de 1.1%. Etant donné la faible variation de surface qu'elle engendre, cette variante (initialement Variante 2) n'est pas considérée dans cette étude.

Pour finir, la Variante 4 tient compte d'une éventuelle captation des Torrents de Pinsec et de Cretta au niveau de la route cantonale, soit à une altitude variant de 1240 m à 1280 m pour les acheminer dans la retenue de Vissoie. Le Tableau 0.1 résume les principales caractéristiques des variantes des bassins versants et indique le volume d'eau disponible par an. La Figure 0.1 présente les courbes de débits classés des trois variantes de bassins versants.

Nom	Surface [km ²]	Volume disponible [mio m ³ /an]	Définition
Variante 3	36.7	17.0	BV alimentant la prise d'eau N°12 (670 m)
Variante 1	33.5	13.4	BV alimentant la prise d'eau N°12 (670 m), soustraction faite des BV alimentant les prises d'eau N°11.1 et N°11.2 (alt. 1900 m)
Variante 4	31.0	12.1	BV alimentant la prise d'eau N°12 (670 m), soustraction faite des BV alimentant les prises d'eau N°11.1 ter, N°11.2 ter et N°11.5 (alt. 1240-1280 m)

Tableau 0.1 : Définition des variantes des bassins versants

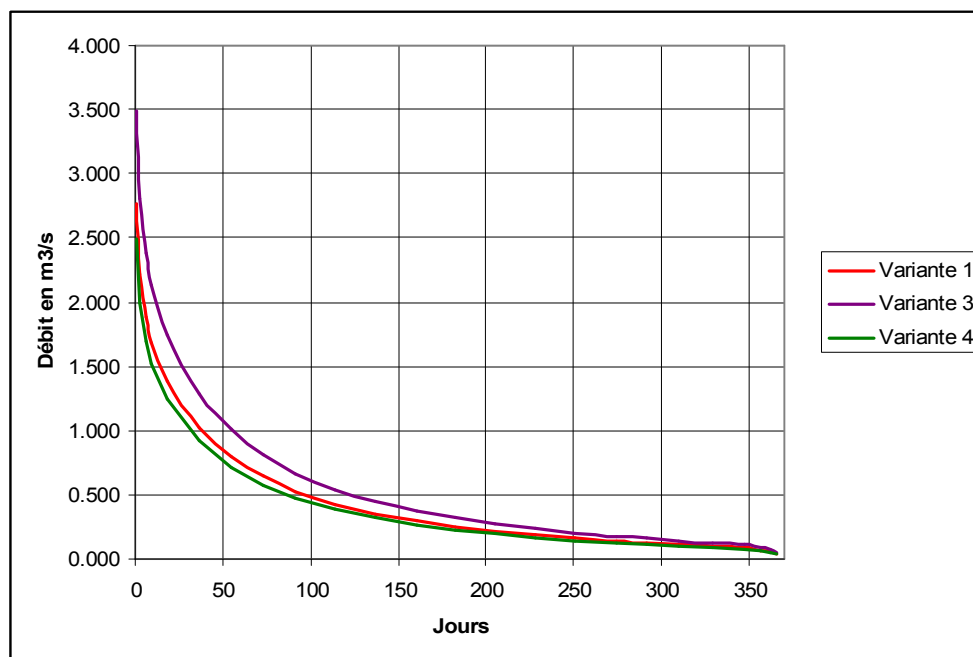


Figure 0.1 : Courbes des débits classés de la Navizence au droit de la prise du bisse de Ricard, pour les trois variantes de bassin versant



Ces courbes de débits classés ne représentent pas le débit turbinable, puisqu'elles ne tiennent compte ni du débit de dotation dans la Navizence, ni du débit d'irrigation.

On notera également que la pertinence des captages des torrents de Pinsec et de Cretta pour les amener dans le bassin de Vissoie n'est pas avérée, dans le sens où les débits supplémentaires devront à terme être directement relâchés pour assurer le futur débit de dotation à Vissoie.

DEBIT RESIDUEL ET DEBIT D'IRRIGATION

Les Forces motrices de la Gougra détiennent une concession sur la Navizence à Vissoie jusqu'en 2039. A cette date, la LEau devra s'appliquer et un débit résiduel de 470 l/s devra être laissé à Vissoie.

Par ailleurs, un débit résiduel de 50 l/s devra être laissé à la prise d'eau de Fang. En dépit du caractère piscicole de l'aval, l'aménagement ne nécessite pas la construction d'une passe à poisson pour la partie amont.

Selon l'étude IDEALP, le débit Q_{347} de l'ensemble du bassin versant de la Navizence à la prise d'eau du bisse de Ricard est de 1'400 l/s. En appliquant l'art. 31 de la LEau à cette valeur, le débit de dotation à considérer est donc de 560 l/s.

Compte tenu des débits de dotation à Fang et à Vissoie, le débit complémentaire à laisser à la prise d'eau du bisse est ainsi de 40 l/s (560 – 470 – 50 l/s). En retranchant ce débit des courbes de la Figure 0.1, on obtient les courbes de la Figure 0.2 représentant le débit disponible pour l'irrigation et le turbinage.

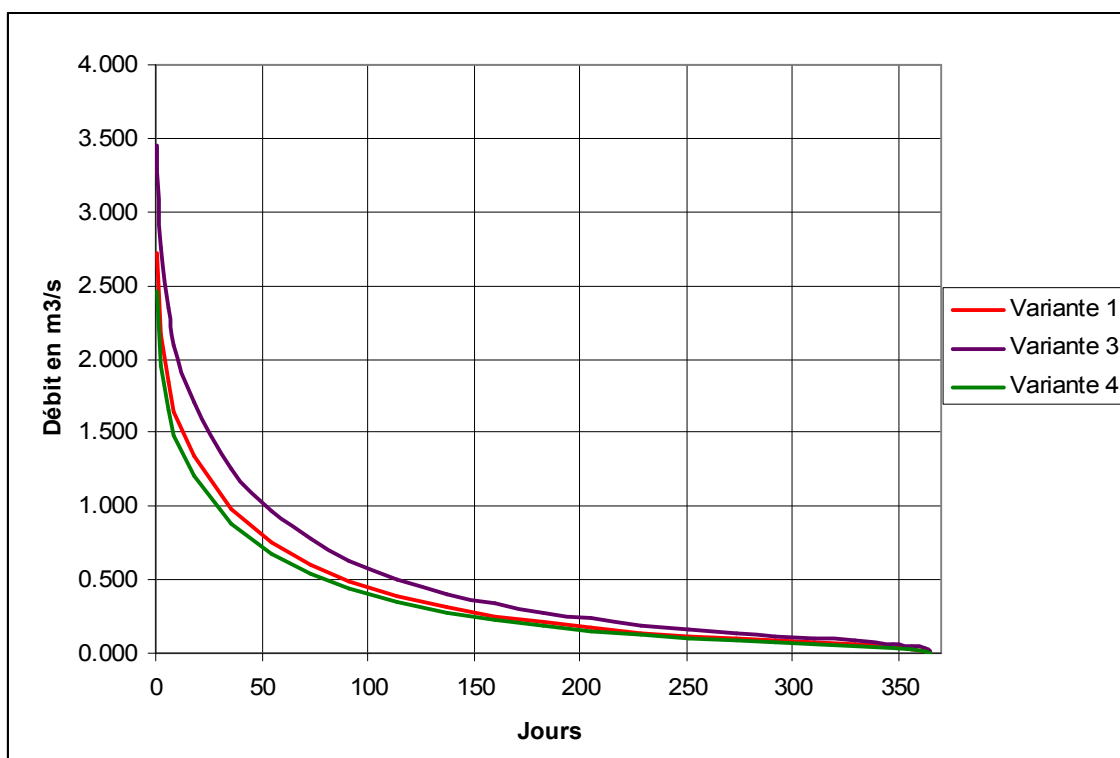


Figure 0.2 : Courbes des débits classés de la Navizence disponibles pour l'irrigation et le turbinage à la prise du bisse de Ricard, pour les trois variantes de bassin versant

Par ailleurs, le bisse a droit à une dotation de 265 l/s entre le 20 avril et le 20 septembre. En émettant l'hypothèse, basée sur la courbe des débits moyens mensuels du rapport de la HES, que l'ensemble des hauts débits journaliers se concentrent sur la période avril-septembre, il est dès lors possible de déterminer les courbes des débits classés à disposition de la turbine, telles que montrées sur la Figure 0.3.

En réalité, le débit réellement disponible pour la turbine se situera certainement entre ces deux extrêmes, étant entendu qu'il est rare que les besoins de l'irrigation soient permanents et à débit maximal durant toute la période considérée.

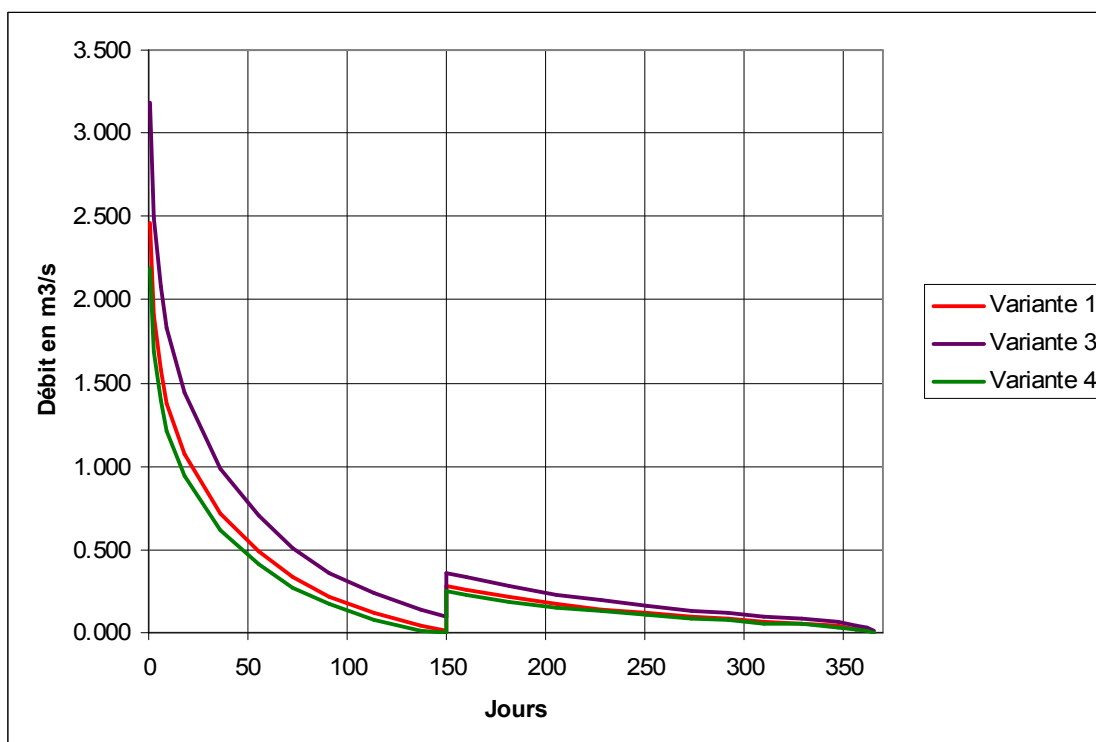


Figure 0.3 : Courbes des débits classés de la Navizence disponibles pour le turbinage à la prise du bisse de Ricard, pour les trois variantes de bassin versant, compte tenu de l'irrigation



Géologie et hydrogéologie

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le site présente une topographie globalement escarpée ; sa partie sommitale est essentiellement constituée d'affleurement rocheux alors que sa base est recouverte par des cônes d'éboulis.

D'un point de vue géologique, la zone d'étude se situe essentiellement dans les roches de la couverture carbonifère-permienne de la Nappe de Siviez-Mischabel (cf. Figure 0.1). Ces roches ont pu être observées à l'affleurement ainsi que dans la galerie d'amenée existante du bisse de Ricard. Il s'agit de schistes quartzo-sériciteux gris-vert, avec localement des secteurs noirâtres et graphiteux.

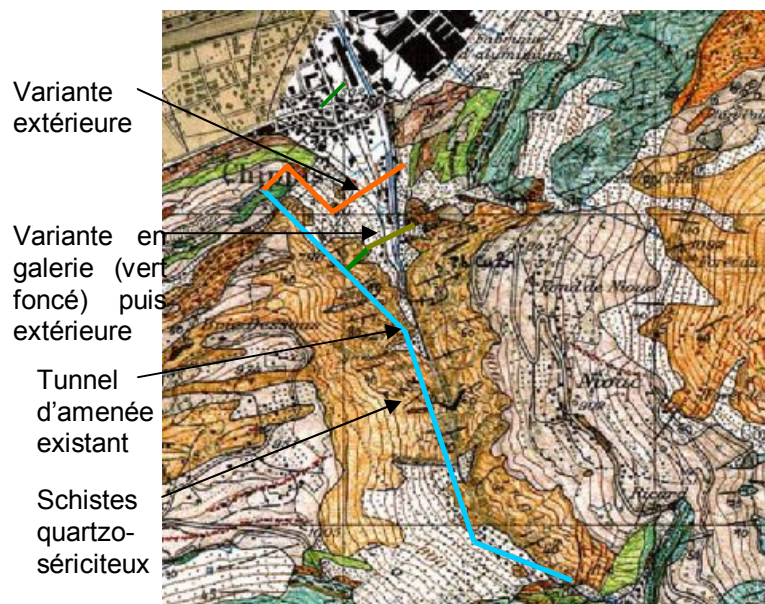


Figure 0.1 : Extrait de la feuille 1287 Sierre – Atlas géol. Suisse 1:25'000, carte 111 (Gabus, J.H., Weidmann, M., Bugnon, P.-C., Marthaler, M., en prép.) avec indication approximative de la variante en galerie et de la variante extérieure

OBSERVATIONS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES

Observations en galerie

Les roches schisteuses observées en galerie présentent globalement une bonne stabilité. La galerie, construite en 1978 appartient au consortage d'irrigation. Elle ne comporte pour la majeure partie aucun soutènement et seuls quelques rares hors-profils ont été observés. Localement la section a toutefois été confortée par un revêtement de béton, ce qui traduit la présence localisée de secteurs peu stables. De même, des zones de roches altérées ainsi que des remplissages pluri-centimétriques de dépôts meubles dans certaines fractures n'ont été observés que très localement.

Le radier de béton est en bon état.

Aucune venue d'eau importante n'a été observée. Seules des suintements et du goutte-à-goutte sont présents et sont responsables de la formation de concrétions calcaires.



Photo 0.1 : Etat général de la galerie



Photo 0.2 : Exemple de secteur conforté

Observations extérieures

A l'extérieur, le versant présente une décompression et comporte de nombreuses fractures ouvertes. Plusieurs systèmes de fractures montrent une orientation défavorable quant à la stabilité du versant (glissements rocheux plans ou selon des dièdres). Les quelques mesures effectuées ont permis de mettre en évidence les plans de glissement potentiel suivants : 090-120/30-55 (schistosité), 030/65 et 150/65 ainsi que les plans de décollement : 335/75, 350/50, 070/80 et 150/80. La trace d'un éboulement survenu dans les années 90, la présence de nombreux compartiments instables et les cônes d'éboulis en pied de paroi attestent de la stabilité moyenne du versant.

Les dépôts d'éboulis présentent une topographie également escarpée avec localement des ressauts rocheux. La pente est marquée par plusieurs couloirs d'éboulis.





Photo 0.3 : Exemple de compartiments peu stables

CONSEQUENCES PRATIQUES

Variante 1

La visite effectuée n'a pas fait ressortir une impossibilité de réaliser cette variante d'un point de vue géologique. Il faudra toutefois s'attendre à une tenue de la roche moins bonne que dans le tunnel d'amenée existant, en raison d'une intersection plus défavorable de la structure (plan de fracture 150/80 subparallèle à l'ouvrage) et de la zone extérieure décomprimée. Le tronçon extérieur en aval de la galerie suivra ensuite un couloir d'éboulis pour atteindre le fond de la vallée. Le secteur est raide et n'est pas optimal puisqu'il présente quelques ressauts rocheux à franchir (points durs, tassements différentiels possibles). Une sous-variante possible consisterait à suivre le bisse sur une centaine de mètres depuis la sortie de la galerie de façon à atteindre des pentes en dehors de couloirs (diminution du danger de chute de blocs).

Variante 2

Cette variante longeant le chemin de l'ancien bisse permet de placer la conduite en dehors de couloirs d'éboulis. Elle présente toutefois également des difficultés en raison de ressauts rocheux à franchir et de la nécessité d'aller en sens inverse de l'écoulement du bisse, ce qui risque d'engendrer des travaux importants dans ces terrains pentus.

Aspects constructifs

IMPLANTATION

Le tunnel amont est déterminant pour entonner 1265 l/s en écoulement libre, de par sa faible hauteur, entre 1.5 m et 1.9 m. La hauteur d'eau maximum calculée varie entre 1.0 m et 1.4 m dans les zones les moins favorables à l'écoulement (largeur de base 1.0 m avec surfaces irrégulières, pente longitudinale 0.4 à 0.5‰, et $K_{\text{STRICKLER}} = 25 - 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$).

L'écoulement n'étant pas en pression, il n'y a pas de risque pour la stabilité du tunnel à la vidange par effet de sous-pression. De même, la vitesse d'écoulement d'environ 1 m/s reste inférieure au seuil de début d'érosion.

Les problèmes interviennent plutôt en sortie de tunnel :

- Dans la variante 1, la bifurcation est prévue à l'endroit où la cohésion du terrain est présumée la plus faible, ne serait ce que par la présence du couloir d'éboulements. Des mesures de soutènement sont donc à prévoir dans le tunnel, et davantage encore au niveau la fenêtre en sortie. L'espace réduit en sortie donnera aussi probablement lieu à une chambre de mise en charge souterraine.
- Dans la variante 2, la hauteur de chute est réduite (environ 5 m) par la nécessité de construire un canal ou une conduite d'amenée en sens inverse de l'ancien bisse. Le productible en sera également affecté.

Pour toutes les variantes, la réalisation de la conduite forcée en forte pente s'annonce difficile. Les risques d'endommagement par éboulement sont non négligeables.

Par ailleurs, en cas d'arrêt d'urgence de la turbine, le gabarit limité du bisse ne permettra pas d'évacuer la totalité du débit transitant potentiellement dans l'adduction. Un dispositif de déversement au droit de la chambre de mise en charge semble par ailleurs très difficile à réaliser, étant donné l'éloignement de la Navizence. Une solution de by-pass de la turbine devra donc être envisagée.

L'éventuelle utilisation de l'exutoire existant de la galerie situé à mi-chemin entre la prise d'eau et sa sortie devra être analysée en cas de réalisation du projet. Il est cependant peu probable qu'il permette d'évacuer un débit 5 fois supérieur au débit actuel maximal du bisse. Par ailleurs, son utilisation suppose qu'il est possible de mettre en pression la chambre de mise en charge de la turbine, ainsi que la galerie sur la moitié de son tracé.

LOGISTIQUE ET ACCES

Le site de la prise d'eau et du dessableur n'est pas accessible autrement qu'à pied ou en hélicoptère ; ces surcoûts ont été pris en compte pour l'établissement des coûts de constructions.

L'ouvrage de répartition en sortie de tunnel bénéficie en revanche d'un accès routier, qui peut servir à l'acheminement des matériaux du canal d'amenée, voire de la chambre de mise en charge.



La pose de la conduite nécessite selon toute probabilité la construction d'un blondin rudimentaire. Lorsque la pente dépasse la capacité des engins de chantier de type « araignée » (45°), le percement de la fouille ne peut être que manuel.

Incidences sur les aménagements existants

Les aménagements de prise existants (prise d'eau, canal d'amenée et dessableur) à l'amont doivent être modifiés, voire probablement détruits et reconstruits pour capter le débit de dimensionnement de 1'265 l/s.

Par ailleurs, le projet « Bisse de Ricard » n'a aucune interaction avec un quelconque aménagement existant.

Incidences sur l'irrigation, l'enneigement et l'eau potable

Aucun dispositif d'enneigement artificiel n'est touché par le projet. Il en va de même pour l'eau potable.

Dans la mesure où le débit d'irrigation est garanti par la régulation de l'installation, il n'y a pas d'incidence particulière à signaler, hormis les travaux d'aménagement des infrastructures qui sont à charge des promoteurs du projet. Ce système de gestion de l'eau devra également prévoir que la partie non utilisée pour l'irrigation le soit pour le turbinage.

A signaler qu'un accord entre le Consortage d'irrigation et les Forces Motrices de la Gougra pour l'utilisation de la galerie contre redevance est en cours de discussion, le principe étant admis de part et d'autre.

Enfin, le Consortage d'irrigation serait prêt à réduire le débit capté, une partie de l'eau à laquelle il a droit semblant être régulièrement déversée au niveau de la décharge dans la Réchy. Cette réduction donnerait droit à un dédommagement annuel. Ce point est à l'étude en 2008.

Dimensionnement préliminaire des équipements

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA CONDUITE FORCEE ET CHOIX DU DEBIT D'EQUIPEMENT

Profil en long

Un tracé des conduites forcées a été fait sur la base de la carte nationale au 1:25'000, agrandie au 1:10'000. Bien que cette information ne soit pas suffisante pour lancer des travaux, elle permet toutefois d'estimer les longueurs nécessaires avec suffisamment de précision.

La longueur totale des conduites est ainsi de l'ordre de 220 m pour la Variante 1 et de 210 m

pour la Variante 2.



Choix du débit d'équipement et caractéristique de la conduite

Les calculs de perte de charge dans les conduites ont été effectués avec la formule de Colebrook en fonction des longueurs estimées et d'une rugosité de 0.1 mm, hypothèse conservative pour une conduite en acier ou fonte, correspondant à une conduite en fonction depuis quelques années.

Pour chaque variante hydrologique, un débit d'équipement a été choisi sur la base d'un calcul itératif prenant en compte le diamètre de la conduite forcée et la production attendue.

D'un point de vue qualitatif, nous avons exclu tout diamètre de conduite conduisant à un rendement de conduite inférieur à 90%, celui-ci étant défini comme le rapport entre la chute nette à débit nominal et la dénivellation exploitable. Il est en effet judicieux de considérer un niveau de performance du même ordre de grandeur que celui exigé pour les turbines, générateurs et transformateurs. De plus, la perte de charge étant inversement proportionnelle à la puissance 5 du diamètre de la conduite, une faible augmentation de diamètre a des effets importants sur la production tout en ayant un impact limité sur le coût.

Enfin, la nature des courbes de débits classés, présentant une forte tendance torrentielle a conduit à choisir des débits d'équipement autour de Q_{50} . C'est en effet dans le haut de la courbe des débits classés que des gains de productivité importants peuvent être faits.

Les résultats de ce processus sont donnés dans le Tableau 0.1.

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Dénivellation en m	130			128		
Longueur de la conduite en m	220			210		
Diamètre de la conduite en mm	500					
Débit d'équipement en l/s	750	1'000	700	750	1'000	700
Perte de charge en m à Q _{max}	4.8	8.6	4.2	4.5	8.0	4.0
Rendement conduite à Q _{max} en %	96.3	93.4	96.8	96.5	93.4	96.9

Tableau 0.1 : Choix des diamètres de conduite

DIMENSIONNEMENT PRELIMINAIRE

Choix du type et du nombre de machines

Bien que la chute soit relativement faible, notre choix s'est porté sur des turbines Pelton à basse vitesse de rotation pour les raisons suivantes :

- Les courbes des débits classés sont à régime torrentiel et présentent une grande variabilité à laquelle les turbines Pelton peuvent répondre.
- La basse vitesse de rotation, pénalisante du point de vue coût du matériel, est garantie d'un niveau d'émissions sonores faible, ce qui est un atout compte tenu de la localisation de la centrale en zone urbaine.

- Le surcoût induit par la basse vitesse de rotation est compensé par le fait que nous n'avons besoin que d'une seule machine pour répondre aux besoins du projet, alors qu'il en faudrait au moins deux si le choix se portait sur des Francis.
- Enfin, l'entretien et la maintenance d'une turbine Pelton est beaucoup plus simple que celui d'une turbine Francis, particulièrement au niveau des pièces d'usure.

Le choix de la vitesse de rotation et du nombre d'injecteurs résulte d'un calcul itératif prenant essentiellement en compte les éléments suivants :

- Nature de la courbe des débits classés (variations de débits et écarts entre le débit maximum et le débit minimum), étant entendu que plus on veut conserver une bonne caractéristique de rendement à charge partielle, plus il faut d'injecteurs,
- Taille des équipements, le but recherché étant d'avoir les dimensions les plus compactes pour limiter les coûts du matériel et de la centrale, étant entendu que plus la vitesse de rotation est élevée, plus la taille est réduite,
- Nécessité d'avoir une vitesse spécifique (caractérisant le fonctionnement hydrodynamique de la turbine) correspondant au rapport du diamètre Pelton (directement influencé par la vitesse de rotation) et de la largeur d'auget (directement influencée par le nombre d'injecteurs répartissant le débit) supérieure à 3.0.

Il s'agit dès lors de déterminer un compromis satisfaisant aussi bien du point de vue technique qu'économique.

La faible dénivellation relativement au débit total envisagé conduit à des machines à faible vitesse de rotation. En considérant une limite inférieure à 428.57 t/min, en dessous de laquelle il devient difficile de trouver des alternateurs "standards", l'optimisation effectuée donne les résultats suivants :

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Débit d'équipement Q_n en m^3/s	0.75	1.00	0.70	0.75	1.00	0.70
Nb de jours où Q_n est atteint (sans irrig.)	55	52	52	55	52	52
Nb de jours où Q_n est atteint (avec irrig.)	34	35	31	34	35	31
Dénivellation en m	130			128		
Chute nette au débit d'équipement en m	125.2	121.4	125.8	123.5	120.0	124.0
Nombre de machines	1	1	1	1	1	1
Nombre d'injecteurs par machine	4	4	4	4	4	4
Vitesse de rotation en t/min	600	500	600	600	500	600
Vitesse spécifique	3.22	3.27	3.35	3.19	3.24	3.31
Débit minimum turbinable en m^3/s	0.038	0.050	0.035	0.038	0.050	0.035
Nb de jours d'exploitation (sans irrig.)	350	353	345	350	353	345
Nb de jours d'exploitation (avec irrig.)	341	353	324	341	353	324

Tableau 0.2 : Choix du débit d'équipement



On constate que malgré un débit d'équipement relativement élevé, le fait d'avoir des turbines multi-jets permet un taux d'utilisation théorique compris entre 89% et 97% suivant la variante retenue, le débit minimum exploitable étant de l'ordre de 5% du débit d'équipement.

Il est finalement à relever que le choix d'un débit d'équipement plus bas ne changerait pas fondamentalement le niveau d'investissement du projet, la taille des équipements restant dans l'ensemble pratiquement inchangée.

Principe de fonctionnement des installations de turbinage

Le principe de régulation est identique pour l'ensemble des variantes, à savoir un asservissement à la mesure de niveau amont effectuée dans la chambre de mise en charge de la conduite forcée. Le fonctionnement prévu est le suivant :

- Tant que le débit disponible est inférieur au débit minimum de fonctionnement de la turbine, celle-ci est à l'arrêt.
- Tant que le débit disponible est compris entre les débits minimum et maximum de la turbine, toute l'eau passe par l'installation hydroélectrique.

En cas d'arrêt de la turbine, le débit est déversé directement à la Navizence par un dispositif de sécurité à déterminer précisément dans la phase de projet d'exécution (by-pass ou déversoir)

Turbines

De manière générale, les indications suivantes sont fournies à titre indicatif et peuvent varier en fonction du constructeur choisi. En effet, les dimensions et performances de la turbine (garanties de rendement, fiabilité, etc.) correspondent à une machine pour laquelle le constructeur peut prouver indiscutablement la provenance de ses garanties. Ainsi, les caractéristiques annoncées sont réalistes, pour autant que la turbine soit construite conformément à un profil issu de développement en laboratoire.

Le calcul fondé sur l'énergie massique, la vitesse de rotation et le débit maximum permettent de calculer les caractéristiques et dimensions suivantes des turbines :

Numéro de la variante		1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Débit d'équipement	m ³ /s	0.75	1.00	0.70	0.75	1.00	0.70
Dénivellation	m	130			128		
Chute nette au débit d'équipement	m	125.2	121.4	125.8	123.5	120.0	124.0
Energie massique à débit maximal	J/kg	1'227	1'190	1'233	1'211	1'176	1'215
Nombre de machines	-	1	1	1	1	1	1
Type de turbine	-	Pelton à axe vertical avec roue en porte à faux sur l'arbre de l'alternateur					
Nombre d'injecteurs	-	4	4	4	4	4	4
Puissance mécanique totale à débit maximal	kW	860	1'150	805	860	1'150	805
Vitesse de rotation	t/min	600	500	600	600	500	600

Vitesse d'emballement	t/min	1'140	950	1'140	1'140	950	1'140
-----------------------	-------	-------	-----	-------	-------	-----	-------



Numéro de la variante		1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Diamètre d'injection	mm	748	884	750	743	879	744
Largeur d'auget	mm	232	270	224	233	271	225
Diamètre bâti	mm	2390	2810	2370	2380	2800	2360
Diamètre des injecteurs	mm	240	280	235	240	280	235

Tableau 0.3 : Caractéristiques principales des turbines**Vanne de garde et de sécurité**

La turbine possédera une vanne de garde et de sécurité DN 500 PN 16 permettant d'assurer la sécurité en cas de révision de la turbine et en cas de non fermeture des injecteurs. Elle sera de type sphérique, à passage intégral laissant ainsi le passage totalement libre dans la conduite.

Alternateur

Les alternateurs de moins de 1 MW sont généralement proposés en standard à des tensions de 400 V ou 690 V. La solution à 400 V étant cependant la plus répandue, nous ne considérerons que celle-ci dans cette étude de variantes.

Numéro de variante		1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Type	-	Synchrone triphasé					
Axe	-	Vertical avec roue de turbine en porte à faux					
Fréquence	Hz	50					
Puissance	kVA	870	1'130	815	855	1'110	805
Cos φ	-	0.90					
Surcharge	-	110% de S_n pendant 2h (Echauffement selon classe F)					
Tension de service	V	400					
Vitesse de rotation	t/min	600	500	600	600	500	600
Vitesse d'emballement	t/min	1'140	950	1'140	1'140	950	1'140
Ventilation	-	Naturelle avec ventilateur couplé sur l'arbre de la machine					
Paliers	-	Palier et palier butée à roulements, graissés.					
Durée de vie des paliers	h	> 100'000 h					
Protection	-	IP23					
Isolation		Classe F, exploité en classe B					

Tableau 0.4 : Caractéristiques principales des alternateurs**Connexion au réseau et transformateur**

L'alternateur sera connecté au réseau via un transformateur permettant d'élever la tension

de sortie de l'alternateur à 16 kV. Le type de transformateur sera déterminé de manière précise en phase de projet d'exécution.

Contrôle commande

La centrale étant prévue pour fonctionner de manière entièrement automatique. La régulation sera asservie au niveau d'eau amont de la chambre de mise en charge.

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. Un paramètre spécifiera le nombre de démarrages ratés autorisé, à savoir que lorsque ce nombre est atteint, il n'y aura plus de redémarrage.

CALCULS DE PRODUCTION

La production électrique annuelle est calculée par intégration de la courbe des puissances électriques classées, grâce à l'expression:

$$E_{\text{tot}} = 10^{-3} \int \rho g Q_t \eta(Q_t) H(Q_t) dt \quad [\text{kWh/an}]$$

où E_{tot} = production électrique totale annuelle [kWh/an]

ρ = masse volumique de l'eau, soit ici 1000.2 ($T_{\text{eau}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) [kg/m³]

g = constante de gravité, soit ici 9.804 [m/s²]

$\eta(Q_t)$ = rendement global de l'installation, produit des rendements de la turbine et de l'alternateur, fonction du débit [-]

$H(Q_t)$ = chute nette fonction du débit turbiné [m]

La formule suivante permet le calcul de la chute nette:

$$H(Q_t) = \Delta Z - K_{Hr} \cdot Q_t^2 \quad [\text{J/kg}]$$

avec ΔZ = dénivellation [m]

Les rendements de turbine utilisés sont issus des mesures effectuées en laboratoire sur des turbines MHyLab à quatre injecteurs et axe vertical.

Le rendement de l'alternateur, donné selon des débits relatifs au débit d'équipement, est issu des caractéristiques de machines standard similaires, disponibles sur le marché, comme montré sur la Figure 0.1.



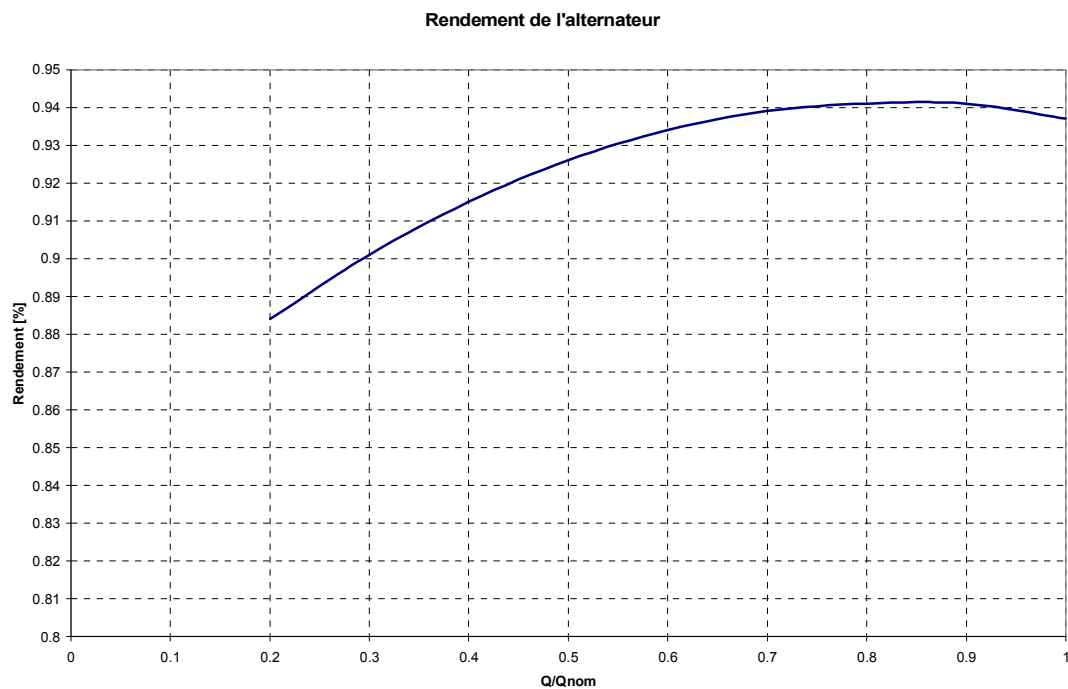


Figure 0.1 : Courbe-type de rendement de la génératrice

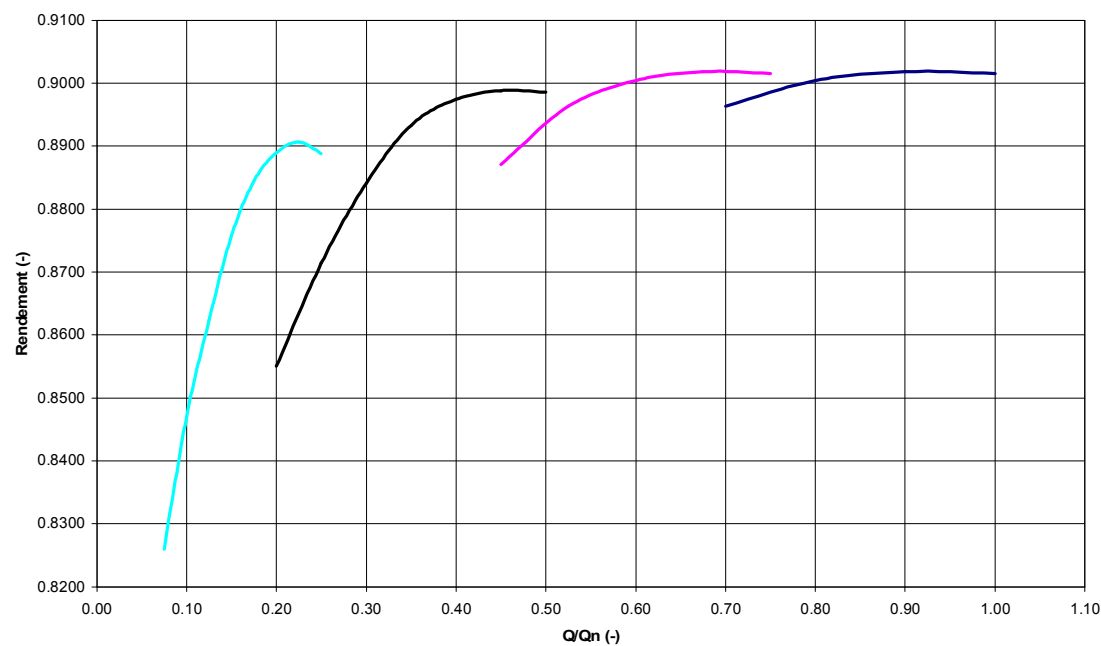


Figure 0.2 : Courbes-type de rendement d'une turbine Pelton à 4 injecteurs

Production sans irrigation

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
<i>Débit d'équipement en m³/s</i>	0.75	1.00	0.70	0.75	1.00	0.70
<i>Dénivellation en m</i>	130			128		
<i>Chute nette au débit d'équipement en m</i>	125.2	121.4	125.8	123.5	120.0	124.0
<i>Puissance électrique en kW</i>	781	1'010	732	770	998	722
<i>Production annuelle moyenne en MWh</i>	2'779	3'599	2'512	2'740	3'550	2'475
<i>Débit moyen annuel turbiné en m³/s</i>	307	404	277	307	404	277
Ratio débit moyen annuel/Débit d'équipement	40.9%	40.4%	39.5%	40.9%	40.4%	39.5%

Tableau 0.5 : Production annuelle moyenne sans irrigation pour chaque variante

Production avec irrigation maximale

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
<i>Débit d'équipement en m³/s</i>	0.75	1.00	0.70	0.75	1.00	0.70
<i>Dénivellation en m</i>	130			128		
<i>Chute nette au débit d'équipement en m</i>	125.2	121.4	125.8	123.5	120.0	124.0
<i>Puissance électrique en kW</i>	781	1'010	732	770	998	722
<i>Production annuelle moyenne en MWh</i>	2'053	2'895	1'761	2'023	2'855	1'735
<i>Débit moyen annuel turbiné en m³/s</i>	239	339	205	239	339	205
Ratio débit moyen annuel/débit d'équipement	31.8%	33.9%	29.2%	31.8%	33.9%	29.2%

Tableau 0.6 : Production annuelle moyenne avec irrigation pour chaque variante



Analyse économique comparative des variantes

Cette étude économique, visant à départager les variantes, a pour but d'approcher le prix de revient du kWh électrique **à plus ou moins 30%**. Elle prend en compte les points suivants:

- L'estimation des coûts a été faite en se basant sur des réalisations comparables. S'agissant d'une analyse préliminaire, les prix sont donnés de manière globale par rubrique.
- Les frais d'ingénierie sont estimés à 10% de l'investissement.
- Les divers et imprévus sont estimés à 10% de l'investissement. Ils sont inclus dans les montants annoncés.
- Le taux d'intérêt considéré dans cette étude est de 5%.
- L'analyse économique se base sur un remboursement de l'emprunt par annuités constantes.
- Le calcul a été effectué pour une durée de 25 ans pour l'ensemble des composants. La durée de 25 ans est donnée par la nouvelle Ordonnance sur l'énergie (non encore entrée en vigueur).
- Le taux d'annuité correspondant à ces données est de 7.1%.
- Les frais d'exploitation, comprenant les frais d'assurance, la taxe de puissance ainsi que les coûts de maintenance, d'entretien courant et de consommation d'énergie sont estimés sur la base de courbes statistiques.
- S'agissant d'une étude de variante et la perception de la redevance hydraulique, au titre de la Loi sur les forces hydrauliques de 1916, étant encore en discussion, celle-ci n'est pas prise en compte dans les calculs.
- Le prix de vente est déterminé sur la base du projet d'Ordonnance sur l'énergie, OEne, de juin 2007.

INVESTISSEMENTS

L'électromécanique comprend la turbine, sa vanne de garde, l'alternateur et les pièces de liaison à al conduite forcée. Le raccordement au réseau comprend le devis du distributeur local, les cellules 16 kV et le transformateur. Les coûts de transport, montage et mise en service sont compris.

Les montants sont exprimés en CHF.

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Electromécanique	950'000	1'100'000	950'000	1'000'000	1'100'000	1'000'000
Raccordement au réseau	140'000	140'000	140'000	140'000	140'000	140'000
Contrôle commande, armoires électriques, alim. de secours	80'000	80'000	100'000	100'000	100'000	100'000
Prise d'eau	350'000	350'000	350'000	350'000	350'000	350'000
Ecoulement libre	900'000	900'000	900'000	350'000	350'000	350'000
Conduite forcée	340'000	340'000	340'000	340'000	340'000	340'000
Centrale	120'000	120'000	120'000	120'000	120'000	120'000
<i>Total des Investissements y c. divers et imprévus</i>	<i>2'880'000</i>	<i>3'030'000</i>	<i>2'900'000</i>	<i>2'400'000</i>	<i>2'500'000</i>	<i>2'400'000</i>
Ingénierie (10%)	288'000	303'000	290'000	240'000	250'000	240'000
<i>Total général</i>	<i>3'168'000</i>	<i>3'333'000</i>	<i>3'190'000</i>	<i>2'640'000</i>	<i>2'750'000</i>	<i>2'640'000</i>

Tableau 0.1 : Investissement pour chaque variante

CHIFFRE D'AFFAIRE ANNUEL

Sans irrigation

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
<i>Puissance électrique en kW</i>	781	1'010	732	770	998	722
<i>Production annuelle moyenne en MWh</i>	2'779	3'599	2'512	2'740	3'550	2'475
Prix de vente du kWh selon OEne en cts/kWh	18.59	17.04	19.06	18.70	17.14	19.09
Revenu annuel selon OEne en CHF	516'616	613'270	478'787	512'380	608'470	472'478

Tableau 0.2 : Chiffre d'affaire annuel sans irrigation pour chaque variante



Avec irrigation maximale

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Puissance électrique en kW	781	1'010	732	770	998	722
Production annuelle moyenne en MWh	2'053	2'895	1'761	2'023	2'855	1'735
Prix de vente du kWh selon OEne en cts/kWh	19.45	18.33	19.80	19.50	18.43	19.86
Revenu annuel selon OEne en CHF	399'309	530'654	348'678	394'485	526'177	344'571

Tableau 0.3 : Chiffre d'affaire annuel avec irrigation maximale pour chaque variante**CALCUL DU PRIX DE REVIENT ET DE LA MARGE****Sans irrigation**

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Revenu annuel selon OEne en CHF	516'616	613'270	478'787	512'380	608'470	472'478
Production annuelle moyenne en MWh	2'779	3'599	2'512	2'740	3'550	2'475
Annuité constante en CHF	224'777	236'485	226'338	187'314	195'119	187'314
Frais d'exploitation en CHF	88'265	108'238	83'984	87'304	107'193	83'110
Droit de passage dans la galerie en CHF	20'000	20'000	20'000	20'000	20'000	20'000
Total des frais annuels en CHF	333'043	364'723	330'322	294'619	322'313	290'424
Prix de revient du kWh en cts	11.98	10.13	13.15	10.75	9.08	11.73
Marge annuelle en CHF	183'573	248'547	148'465	217'761	286'157	182'054

Tableau 0.4 : Prix de revient du kWh et marge annuelle sans irrigation pour chaque variante

Avec irrigation maximale

Numéro de variante	1.1	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4
Revenu annuel selon OEne en CHF	399'309	530'654	348'678	394'485	526'177	344'571
Production annuelle moyenne en MWh	2'053	2'895	1'761	2'023	2'855	1'735
Annuité constante en CHF	224'777	236'485	226'338	187'314	195'119	187'314
Frais d'exploitation en CHF	88'265	108'238	83'984	87'304	107'193	83'110
Droit de passage dans la galerie en CHF	20'000	20'000	20'000	20'000	20'000	20'000
Total des frais annuels en CHF	333'043	364'723	330'322	294'619	322'313	290'424
Prix de revient du kWh en cts	16.22	12.60	18.76	14.56	11.29	16.74
Marge annuelle en CHF	66'266	165'931	18'356	99'866	203'864	54'147

Tableau 0.5 : Prix de revient du kWh et marge annuelle avec irrigation maximale pour chaque variante

CHOIX DE LA VARIANTE RETENUE

La variante hydrologique la plus rentable est sans conteste la No 3 (surface maximale). C'est celle qui présente le prix de revient le plus bas ainsi que la marge la plus haute en fonction des données économiques actuelles.

Par ailleurs, la variante de tracé la plus avantageuse est la No 2 qui est également celle qui présente le moins de difficultés pour sa réalisation.

On peut par ailleurs relever que le scénario extrême d'irrigation, à savoir l'utilisation 24/24 et 7/7 du débit maximal du 20 avril au 20 septembre, présente tout de même une rentabilité économique appréciable.

Ces divers éléments nous amènent à recommander aux Forces Motrices de la Gougra SA d'étudier en Avant-projet la **Variante 2.3**.



Avant-projet de la variante retenue

• DESCRIPTION TECHNIQUE DES OUVRAGES DE GENIE CIVIL

Prise d'eau

La prise d'eau est réalisée en agrandissant la prise tyrolienne existante. La largeur de rivière captée reste partielle étant donné que 5m suffisent. Le principe de donner une pente au seuil pour ramener l'écoulement vers la prise est conservé. On devra toutefois certainement refaire le seuil et ré-excaver le bassin de stabilisation amont.

Les dimensions longueur*largeur de la grille sont données par la formule de Frank. Le débit de prise correspond au débit d'équipement + 10% pour les besoins du dessableur de type Dufour (cf. paragraphe associé ci-dessous).

Les caractéristiques de la grille et des barreaux sont similaires à celles du projet de la Gougra (pente minimale 30%).

La profondeur de la prise est définie par les éléments suivants:

- la hauteur de la grille (relation entre la longueur obtenue précédemment et la pente de la grille)
- la hauteur de l'ouverture vers la zone de transition avant dessableur (seuil noyé dimensionné pour le débit d'équipement + 10%)
- la hauteur de submersion des orifices de dotation et de purge
- le diamètre de l'orifice de dotation, souvent négligeable
- la hauteur de sécurité en cas d'engravement (50cm sous l'orifice de dotation)

Les hauteurs de submersion des différents orifices de l'ouvrage (conduite de dotation, purge sous la grille tyrolienne, purge du dessableur, conduite forcée) doivent être compatibles avec les hauteurs minimales définies par les formules de Knauss, et Rohan pour éviter la formation de vortex. Les paramètres en entrée de ces formules sont le diamètre et la vitesse de l'écoulement. On obtient une submersion minimale à comparer avec les niveaux d'eau minimaux suivants:

- Hmin pour tous les organes situés à l'amont du seuil régulateur (en fin de dessableur), dont la largeur importante permet de réduire les fluctuations de niveau Hmax-Hmin dans tout l'ouvrage.
- Hmin - 50cm dans la chambre de mise en charge, en tenant compte du fait que le débit d'équipement n'est atteint que lorsque le seuil régulateur est suffisamment dénoyé.

Le fond de la prise ainsi que le radier sont effectués en perré maçonné pour une meilleure résistance à l'abrasivité. La pente minimale du fond de la prise doit être 18% de manière à permettre la purge. L'orifice de purge, vanné, est dimensionné pour le débit d'équipement. La purge s'effectue ensuite par une conduite enterrée avant de rejoindre le lit de la rivière. Le tout est visible et accessible pour la maintenance grâce un caillebotis amovible donnant

lui-même sur une échelle murale.

La conduite de dotation passant sous le radier est dimensionnée pour faire passer le débit de dotation. Lorsque le dessableur Dufour est en « mode automatique » (avec rejet de 10% du débit en rivière), on ferme cette restitution au moyen d'un bouchon à l'amont. Son faible diamètre facilite cette opération.

La prise peut être isolée par une vanne motorisée, asservie au système de contrôle commande de la centrale, en cas d'arrêt d'urgence. On déverse alors par un trop-plein situé avant la vanne, positionné à la hauteur Hmax. La motorisation de la vanne permet également de laisser l'ouverture nécessaire à l'approvisionnement du bisse en cas d'arrêt de la centrale.

Canal d'amenée

Le canal d'amenée existant doit être agrandi pour entonner 1.39 m³/s (débit d'équipement+10% du dessableur). L'espace réduit amène toutefois à limiter son extension dans le sens de la largeur à 1.10m de large, ce qui donne lieu à une profondeur maximale de 1.00m.

Remarque : l'entrée et la sortie du canal ne peuvent être remaniées car ils correspondent à la galerie et à une pente minimale de l'ordre de 2/1000.

Une revanche de 20cm est prévue pour ne pas passer en charge. Un trop plein régule le niveau lorsque le débit en aval (dessableur) diminue ou s'annule.

Dessableur

Le dessableur est dimensionné pour traiter les particules de 0.3 mm (au lieu de 0.2 mm), même si le charriage est plus important que dans la Gougria : en effet, le manque de place à disposition empêche de faire un dessableur beaucoup plus grand.

En cas de nécessité et suivant l'expérience acquise en début d'exploitation, il sera toujours possible d'appliquer un revêtement à base de carbure de tungstène sur les augets de la turbine, de manière à offrir une protection optimale contre l'abrasion. Il faut toutefois remarquer que la faible dénivellation (128 m) est plutôt favorable en termes d'abrasion par le sable, celle-ci étant fonction de la nature des particules en suspension, mais également de la vitesse d'écoulement de l'eau sur l'aubage.

Le dessableur est implanté à la place du dessableur existant avec une extension vers l'amont de 8 m. La profondeur de décantation est plus importante (2 m), pour compenser la limitation en longueur. Cet aspect a également pour conséquence de réduire les dimensions des organes de purge car la hauteur de submersion accrue augmente le débit spécifique. Un chenal de purge robuste, adapté à un fonctionnement permanent doit donc être ajouté à l'aménagement existant.

La zone de transition entre le canal et le dessableur doit s'effectuer avec un angle modéré (inférieur à 15°). Sa longueur doit être de l'ordre du double de la largeur du dessableur. Une grille fine permet de retenir les feuilles et de ralentir l'écoulement. Cette dernière est visible et accessible pour nettoyage grâce à un caillebotis amovible donnant sur une échelle murale.

En bout de dessableur, une ouverture à la cote Hmax permet de déverser le trop-plein sur



un perré maçonné grossier en direction du lit de rivière.

(Voir détails constructifs et modalités d'exploitation du dessableur, identique au projet Gou-gra).

Galerie

La galerie est inchangée dans les parties de tunnel, la section étant tout juste suffisante pour faire entonner le débit d'équipement ($1.265 \text{ m}^3/\text{s}$).

Seules les parties ouvertes doivent être ré-haussées jusqu'à une hauteur de 1,40 m environ.

En particulier, la fenêtre entre les deux galeries pourrait permettre l'implantation d'un trop-plein permettant de déverser environ $1 \text{ m}^3/\text{s}$ en cas d'arrêt de la centrale. Cette hypothèse devra être analysée en cas de réalisation, bien qu'il soit peu probable que cet exutoire permette d'évacuer un débit 4 à 5 fois supérieur au débit actuel de 265 l/s au maximum.

Enfin, pour que l'accès à la galerie se fasse toujours par le portail actuel au dessus de Chip-pis, l'exutoire devra être creusé en descente progressive vers l'ouvrage de répartition souterrain. L'accès à la galerie ne sera bien sûr possible qu'à l'arrêt ; le franchissement de la fosse créée nécessitera une structure de type grille ou caillebotis (par exemple un caillebotis monté sur charnière repliable longitudinalement contre le mur de la galerie afin de ne pas engendrer de pertes de charge en fonctionnement normal).

Ouvrage de répartition

Cet ouvrage a pour objectif de partager les eaux entre l'irrigation et la centrale. Le débit vers l'irrigation est régulé en maintenant une hauteur d'eau importante au dessus de la conduite (le débit est de moins en moins fonction de la hauteur de submersion lorsqu'elle augmente).

Dans tous les cas, la profondeur de la prise est fixée par les besoins de l'irrigation. Le seuil d'écoulement vers le canal est donc largement supérieur à celui de la conduite vers l'irrigation.

La vanne du bisse au niveau l'ouvrage de répartition doit être motorisée et asservie au système de contrôle commande de la centrale, afin de limiter l'afflux supplémentaire d'eau en cas d'arrêt. La partie aval (de la chambre de mise en charge à l'ouvrage de répartition) devra néanmoins supporter le passage en charge.

Plus précisément, l'asservissement entre la vanne du bisse et la centrale aura lieu via une connexion fibre optique posée dans une gaine le long de la conduite forcée, puis suspendue dans un rack (gouttière) le long du canal.

Canal d'amenée

Le canal est creusé sous le chemin actuel du Grand Bisse, à contre-sens de la pente actuelle, en optant pour la pente minimale d'écoulement ($2/1000$). On perd ainsi 30cm sur 150m, entre le niveau de sortie de la galerie et la chambre de mise en charge. Il reste à étudier quelle est la pente réelle du Grand-Bisse, en sens inverse, pour obtenir la profondeur d'excavation.

Pour limiter cette profondeur, on exploite le maximum de la largeur du chemin, avec un canal de 1,30 m de largeur intérieure. La hauteur d'eau atteint alors 80cm.



Chambre de mise en charge

La chambre de mise en charge est conçue tout en longueur, étant donné le peu d'espace disponible sur le sentier et la forte pente environnante.

Le volume de la chambre de mise en charge est déterminé de façon à assurer l'alimentation de la conduite au débit d'équipement pendant 40 secondes. Cette durée est supérieure au temps de fermeture des injecteurs car il n'y a pas de trop-plein faute d'exutoire possible. En cas d'arrêt de la centrale, un by-pass doit d'ailleurs être prévu pour continuer à écouler l'eau provenant du canal.

Le fond de la chambre de mise en charge est en pente pour diriger l'écoulement vers la conduite. Un trou d'homme et une échelle sont prévus pour l'accès (on n'utilise pas de caillbotis ici, pour éviter la chute de corps étrangers, dommageables pour la turbine).

Enfin, une cheminée d'aération est implantée en haut de la conduite, à l'air libre ; son rôle est d'éliminer les poches d'air, néfastes aussi bien en cas de coup de bélier, que pour la turbine en fonctionnement normal.

Conduite forcée

La conduite forcée est enterrée à 80cm minimum en terrain meuble. Dans les zones rocheuses, elle passe en aérien (pour limiter les coûts d'excavation), posée sur des sellettes en béton espacées tous les 8 m (espacement augmenté grâce à l'auto-portance des conduites de gros diamètre). Dans les angles, des ancrages en béton armé reprennent les efforts à la place du terrain.

Même lorsqu'elle est enterrée, les tronçons les plus instables nécessitent une fouille remplie de béton armé pour pallier à l'instabilité des sols.

Le matériau retenu est la fonte, pour sa résistance à la pression et sa longévité. C'est également une solution économique pour les gros diamètres (par comparaison avec l'acier ou le PE, PVC, etc.). En outre le PVC n'est pas utilisable au-delà de 14 bars (140m de chute).

Le diamètre retenu de 500 mm. En cas de réalisation simultanée avec le projet de la Gougria à Mission, il pourrait être avantageux de choisir un diamètre de 600mm permettant de bénéficier d'une éventuelle réduction de coût, ce dernier projet étant équipé avec le même diamètre.

Conformément à l'usage en mini-hydraulique, on peut s'affranchir d'une cheminée d'équilibre, car :

- la conduite est très courte, et le bélier sera par conséquent moindre,
- la dénivellation est faible (128m), de même que le débit ($1.265\text{m}^3/\text{s}$);
- les turbines Pelton sont équipées de déflecteurs. Il est donc possible de fermer les injecteurs lentement en cas d'arrêt d'urgence, sans mettre en danger la turbine. Les surpressions par coups de bélier sont ainsi considérablement limitées.

Il faut donc prévoir des conduites supportant des pressions nominales de 20% supérieure à celle correspondant à la chute brute, mais le surcoût associé est bien moins important que

celui d'une cheminée d'équilibre. Dans le pire des cas, si l'on veut une sécurité supplémentaire, on peut également ajouter un disque de rupture sur la conduite.

Enfin, deux gaines (inclues dans le prix de fouille) sont posées en parallèle de la conduite forcée, pour l'alimentation et l'asservissement centrale-prise par fibre optique.

Centrale et restitution

La centrale comporte un exutoire pour la turbine, ainsi qu'un bassin amortisseur pour la vanne dissipatrice du by-pass. Les dimensions exactes ne sont pas encore connues.



• DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA PARTIE ELECTROMECHANIQUE

Principe de fonctionnement de l'installation de turbinage

Se reporter au paragraphe 9.2.2

Turbine

Dans l'optique de la politique nationale en matière d'énergies renouvelables, il est important de réaliser une installation qui permette une utilisation optimale des ressources en eau, ceci aussi bien d'un point de vue technique qu'écologique et économique.

Le choix du matériel hydromécanique est dès lors essentiel, puisqu'il convient de maximiser la production pour une quantité d'eau disponible définie, ceci tout en assurant une rentabilité optimale.

Des solutions économiques doivent être recherchées, sans pour autant réduire les performances et la fiabilité des équipements.

Dans cette optique, il est recommandé de choisir des turbines faites sur mesure (c'est-à-dire correspondant parfaitement aux caractéristiques du site), mais faisant appel à un maximum d'éléments standard partout où cela est possible. Ainsi, l'on privilégiera des solutions proposant par exemple un répartiteur réalisé avec des coudes, tubes et bifurcations du commerce, tout comme par exemple une commande des injecteurs par vérins électriques largement diffusés. Par contre on accordera une grande attention à la conception du profil hydraulique de la machine et tout particulièrement à la roue de la turbine.

Enfin, nous recommandons au futur exploitant d'être très attentif à la provenance des garanties avancées par les fournisseurs potentiels, celles-ci devant impérativement provenir de laboratoires travaillant en conformité avec les normes de la branche. Il en va de la performance et de la fiabilité de l'aménagement conditionnant directement sa rentabilité.

Le calcul fondé sur l'énergie massique, la vitesse de rotation et le débit maximum permettent de calculer les caractéristiques et dimensions suivantes de la turbine :

Débit d'installation	$Q_{\max}$	m^3/s	1.000
Dénivellation	ΔZ	m	128.0
Chute nette au débit d'équipement	H	m	120.0
Energie massique à $Q_{\max}$	gH	J/kg	1'176.5
Type de turbine	-	Pelton à axe vertical	
Nombre d'injecteurs	Z_i		4
Puissance mécanique	$P_{\text{méc}}$	kW	1'150

Vitesse de rotation	N	t/min	500
Vitesse d'emballement	N_e	t/min	950
Diamètre d'injection	D_1	mm	879
Largeur d'auget	B_2	mm	271
Nombre d'augets	Z_a		19
Diamètre du cuvelage	D_c	mm	2'800
Diamètre des injecteurs	D_i	mm	282
Hauteur de dénoyage minimale	H_a	mm	950
Poussée hydraulique max. sur les pointeaux (début d'ouverture, sans les frottements)	F_p	N	6'900
Poussée hydraulique sur la roue au démarrage	F_R	N	12'700
Type d'injecteur	-	Avec déflecteur, commande électrique 48 V CC secouru	

Tableau 0.1 : Principales caractéristiques de la turbine

On utilisera autant que possible l'acier inoxydable pour la construction de la turbine.

On utilisera de préférence une construction de la roue à augets rapportés, usinés en CNC, fixés entre deux flasques. Cette méthode permet un changement partiel de la roue en cas de dégâts éventuels dus à des matériaux solides transportés par l'eau. De plus, elle assure une parfaite similitude entre le profil hydraulique développé en laboratoire et celui usiné, chose difficilement réalisable (voire impossible) avec une roue coulée d'une pièce, l'espace étant insuffisant pour la finition par meulage. Par ailleurs, nous préconisons l'utilisation de barreaux forgés, dont les caractéristiques mécaniques sont bien supérieures à celles d'un métal coulé. Une solution avec usinage CNC dans un disque forgé est également envisageable.

Un revêtement par projection de carbure de tungstène est possible en cas d'usure par abrasion trop rapide de la roue.

Une commande des injecteurs par vérin électrique, en 48 V CC secourus est recommandée. Cette manière de faire permet d'utiliser du matériel standard du commerce. Ces vérins de commande disposeront d'une possibilité de manœuvre manuelle, permettant de couper le débit en cas de défaut électrique.

Ce choix permet également de se passer d'une centrale de commande oléo hydraulique comportant de nombreuses électrovannes, pièces mobiles, et joints. On réduit ainsi la complexité du système et l'on augmente par conséquent sa fiabilité. Par ailleurs, cela supprime une source potentielle de pollution de l'eau par des fuites d'huile minérale.

Les injecteurs comporteront des déflecteurs afin d'assurer la sécurité en cas de déclenchement dû à un black out.



Vanne de garde

La turbine possédera une vanne de garde DN 500 PN 16 permettant d'assurer la sécurité en cas de révision de la turbine et en cas de non fermeture des injecteurs. Elle sera de type sphérique, à passage intégral laissant ainsi le passage totalement libre dans la conduite. Elle sera équipée d'un by-pass à commande électrique, permettant l'équilibrage des pressions amont et aval avant manœuvre. Son dispositif de manœuvre sera secouru en 48 V DC et elle devra pouvoir fermer en eaux vives.

Vanne de by-pass

Dans le cas probable où aucune possibilité raisonnable de déversement en cas d'arrêt de la turbine n'est trouvée, un by-pass devra être installé. Celui-ci sera contrôlé par une vanne dissipatrice asservie au niveau de la chambre de mise en charge et débitant dans un bassin amortisseur situé sous la centrale.

La vanne sera dimensionnée pour un débit d'équipement identique à celui de la turbine, l'arrêt de l'alimentation du bisse impliquant une manœuvre de fermeture partielle de la vanne de la prise d'eau.

Alternateur

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

Type	-	Synchrone triphasé
Axe	-	Vertical
Fréquence	Hz	50
Puissance	kVA	1'130
Cos ϕ	-	0.9
Surcharge	-	110% de $S_{nominale}$ pendant 2h (échauffement selon classe F)
Tension de service	V	400 V (variante à 690 V possible)
Facteur de service	-	marche en continu, S1 / 100%
Vitesse de rotation	t/min	500
Vitesse d'emballlement	t/min	950
Ventilation	-	naturelle avec ventilateur couplé sur l'arbre de la machine
Paliers	-	Paliers et palier buttée à roulement, graissés. <u>Roue de turbine en porte-à-faux.</u>

Durée de vie des paliers	h	min. 100'000 h
Protection	-	IP23
Isolation		classe F, exploité en classe B

Tableau 0.2 : Principales caractéristiques de l'alternateur

L'excitation triphasée sera à diodes tournantes, sans bague, avec si possible réglage de tension et de $\cos \varphi$ incorporé à la machine.

Raccordement électrique / TFO 16KV

L'alternateur sera connecté à un transformateur BT/MT (d'une puissance de 1000KVA) permettant d'élever la tension de sortie de l'alternateur à 16 kV. Par principe, le transformateur de couplage sera installé dans le local TFO. Un bloc de cellules 16KV (arrivée groupe, départ réseau) sera également installé. Ces équipements seront définis selon les standards du marché.

Contrôle commande

La centrale étant prévue pour fonctionner de manière entièrement automatique, sa régulation et son exploitation devront être des plus simples, réduisant au minimum les interventions. La régulation sera asservie au niveau d'eau amont de la chambre de mise en charge. La connexion entre la mesure de niveau et la prise de pression se fera en principe par fibre optique posée le long de la conduite.

La turbine devra pouvoir fonctionner en automatique ou en manuel (mise en route, réglage d'ouverture des pointeaux et de tension à fin de tests).

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. Un paramètre spécifiera le nombre de démarrages ratés autorisé, à savoir que lorsque ce nombre est atteint, il n'y aura plus de redémarrage.

Les tableaux électriques comprendront en outre les éléments suivants : Commande des injecteurs, de la vanne de garde et de la vanne de by-pass avec affichage de l'ouverture, réglage de $\cos \varphi$, de tension et de fréquence (si non inclus dans l'alternateur).

Les indicateurs suivants seront également compris : voltmètres réseau et alternateur, wattmètre, fréquencemètre, mesure du $\cos \varphi$, synchroscope, compte tour, indicateur de niveau amont, compteur d'heures, compteur de démarrages, températures des roulements et du bobinage de l'alternateur, arrêt d'urgence.

Les alarmes suivantes seront à considérer : Niveau amont insuffisant, pression amont insuffisante, surcharges alternateur, survitesse, arrêt d'urgence, défaut de mise en marche, défaut roulement, défauts bobinages, retour de courant.

Le contrôle commande comportera en outre un système de surveillance des vibrations.



Alimentation de secours

Une alimentation de secours en 48 V CC comprenant les batteries, les onduleurs, les indicateurs de charge, les protections, etc., permettra d'assurer la sécurité en cas de perte de réseau. Les alarmes défaut batteries et surcharge batterie devront être relayée dans le contrôle commande.

Les servomoteurs des injecteurs, la vanne de garde et la vanne de by-pass seront secourus par ce dispositif, lequel devra disposer d'une réserve suffisante pour réguler le by-pass jusqu'à rétablissement du régime de fonctionnement normal ou fermeture de la vanne de prise et évacuation de l'eau excédentaire dans la galerie et le canal d'amenée.

Sécurité des équipements

La sécurité sera assurée par les déflecteurs de la turbine et par sa vanne de garde en cas de non-fermeture des injecteurs. En cas d'arrêt d'urgence ou de découplage, les déflecteurs entreront en action, empêchant l'emballement de la turbine, les pointeaux se fermeront lentement afin d'éviter tout risque de coup de bélier dans la conduite.

La sécurité devra être assurée en cas d'absence de courant. A cette fin, les déflecteurs seront actionnés par ressorts, les vérins de commande des injecteurs seront alimentés en 48 V DC secourus, de même que le système de commande de la vanne de garde et de sécurité.

La vanne de garde à commande électrique sera également secourue et devra pouvoir se fermer en eaux vives pour palier à un éventuel défaut de fermeture des injecteurs.

On pourra également intégrer des protections et une surveillance de vibrations.

Maintenance

Le type de turbine retenu, pour autant que la machine soit bien conçue, correspond à une maintenance minimale, se composant essentiellement d'opérations de nettoyage, d'un contrôle de la roue et des injecteurs, et d'un éventuel graissage des paliers de l'alternateur.

Grâce à l'axe vertical et à la roue en porte-à-faux sur l'arbre de l'alternateur, les travaux de maintenance pourront être réalisés relativement rapidement, avec notamment des opérations de démontage et de remontage (nul besoin d'aligner les paliers entre la turbine et l'alternateur) simplifiant les interventions humaines. Un accès par le canal de fuite sera aussi possible, permettant ainsi une inspection visuelle de la roue et des injecteurs sans démontage.

Le planning de maintenance nécessitera d'être adapté en fonction des premières expériences de fonctionnement et de l'usure par abrasion constatée. Des mesures préventives telles que revêtements spéciaux des roues, pointeaux et tuyères pourront également être prises si nécessaire.

Garanties

En phase de réalisation, les garanties suivantes devront être demandées :

- Garantie générale contre les défauts de fabrication d'au moins 2 ans
- Garanties relativement à la fissuration de la roue de turbine
- Garanties de cavitation
- Garanties de performances de la turbine (provenance et niveau)
- Garanties de performances de l'alternateur (essais en usine)
- Garantie d'échauffement
- Garantie de bruit
- Garantie de vibration

Cette liste n'est bien entendu pas exhaustive, mais constitue un minimum que l'exploitant est en droit d'exiger. En outre, il conviendra de prévoir une phase d'acceptation des plans de construction des équipements, ainsi que des essais de réception en atelier et sur site. Les clauses de refus devront être clairement identifiées.

Local de turbinage

La centrale est prévue sans moyen de levage permanent. En cas de révision complète nécessitant le démontage de l'alternateur, celui-ci sera sorti de la centrale par une trappe dans le toit au moyen d'une grue mobile.

Un ou deux rails DIN seront installés pour permettre la pose de palans durant les opérations de montage sur site, ou de démontage partiel à fin d'entretien.

Situation

Parcelle : N°279 – Commune de Chippis

Coordonnées : 608 030 / 125 115

Bâtiment

Ouvrage en béton armé : radier – mur – dalle

Surface : env. 96m²

Volume SIA : env 625 m³

Hauteur d'espace libre intérieur : 4.80 m



Porte d'un véhicule de service :	d'accès	permettant	le	passage
		2.40 x 2.10 m		
Ouverture installation turbine au moyen d'un palan fixé sous dalle :	en et	façade remplacement	frontale de	pour la
		2.90 x 3.40 m		
Fenêtres latérale pour assurer un éclairage naturel	en	façades	frontale	et

Canal de fuite

L'eau turbinée est récupérée dans la cuve sous la turbine et évacuée à la Navizenze par un canal de fuite à travers les parcelles N°279-270-280-255-290-293-318.

Longueur de canalisation : env. 150 m

Au croisement du bisse de Granges, un by-pass est installé de manière à garantir la dotation en eau pour le consortage d'irrigation

• TERRAINS ET SERVITUDES

Le projet dans son ensemble touche des terrains appartenant à des privés ainsi qu'à la commune de Chippis (voir la liste des propriétaires en annexe). Des demandes de servitudes ou des achats de parcelles devront être réalisés. A ce stade de l'étude nous nous sommes arrêtés à dresser la liste des parcelles touchées par le projet.

• CALCULS ECONOMIQUES

L'étude économique de la variante retenue, a pour but d'approcher les coûts de construction et le prix de revient du kWh électrique à **plus ou moins 15%**. Elle prend en compte les points suivants:

- L'estimation des coûts a été faite en se basant sur des réalisations comparables. Les prix sont basés sur des données correspondant au marché actuel. Des vérifications ont en outre été faites auprès de fournisseurs potentiels d'équipements.
- Les frais d'ingénierie sont estimés à 10% de l'investissement.
- Les divers et imprévus sont estimés à 10% de l'investissement. Ils sont inclus dans les montants annoncés.
- Le taux d'intérêt considéré dans cette étude est de 5%.
- L'analyse économique se base sur un remboursement de l'emprunt par annuités constantes.
- Un premier calcul a été effectué pour une durée de 25 ans pour l'ensemble des composants. La durée de 25 ans est donnée par la nouvelle Ordonnance sur l'énergie (non encore entrée en vigueur). Le taux d'annuité correspondant à ces données est de 7.1%.
- Un second calcul a été réalisé sur la base d'une durée d'amortissement de 40 ans pour les ouvrages de génie civil, de 25 ans pour le matériel hydro et électromécanique et de 15 ans pour le matériel électronique. Ces durées d'amortissement sont standard pour les

petites centrales hydroélectriques. Le coefficient d'annuité utilisé est une valeur pondérée en fonction de la répartition de l'investissement.

- Les frais d'exploitation, comprenant les frais d'assurance, la taxe de puissance ainsi que les coûts de maintenance, d'entretien courant et de consommation d'énergie sont estimés sur la base de courbes statistiques.
- Bien que la soumission de ce projet à la redevance hydraulique, au titre de la Loi sur les forces hydrauliques de 1916, soit encore en discussion, elle a été prise en compte dans les calculs. De manière générale, elle représente environ 10% du budget annuel.
- Les montants prévus pour les servitudes, les achats de terrains et les mesures de compensation écologiques sont indiqués pour mémoire. Ils ne résultent pas d'une analyse fine, mais correspondent à des ordres de grandeur réalistes.
- Le prix de vente est déterminé sur la base du projet d'Ordonnance sur l'énergie, OEne, de juin 2007 qui s'applique à toutes les petites centrales hydraulique dont la puissance est inférieure ou égale à 10 MW selon la loi de 1916.

Investissements

Electromécanique (y compris by-pass)	1'170'000
Raccordement au réseau	217'000
Contrôle commande, armoires électriques, alim. de secours	190'000
Prise d'eau	350'000
Ecoulement libre	360'000
Conduite forcée, y compris tubes pour fibre optique	570'000
Centrale	230'000
<i>Servitudes de passage (pour mémoire)</i>	<i>20'000</i>
<i>Achats de terrain (pour mémoire)</i>	<i>50'000</i>
<i>Mesures environnementales (pour mémoire)</i>	<i>50'000</i>
Total des Investissements y c. divers et imprévus	3'207'000
Ingénierie (10%)	320'700
Total Général hors incertitude	3'527'700
Marge d'incertitude $\pm 15\%$	$\pm 529'100$

Tableau 0.3 : Investissement



Chiffre d'affaire annuel

	Sans irrigation	Avec irrigation
Puissance électrique en kW	998	998
Production annuelle moyenne en MWh	3'550	2'855
Puissance équivalente (Production en kWh/8760h)	405	326
Dénivellation en m	128	128
Part du génie civil dans l'investissement total	> 30%	> 30%
Rémunération de base en cts.	12.75	13.91
Bonus de niveau de pression en cts.	1.34	1.34
Bonus de niveau de pression en cts.	3.04	3.18
Prix de vente du kWh selon OEne en cts/kWh	17.14	18.43
Revenu annuel selon OEne en CHF	608'470	526'177

Tableau 0.4 : Chiffre d'affaire annuel**Calcul du prix de revient et de la marge selon OEne**

	Sans irrigation	Avec irrigation
Revenu annuel selon OEne en CHF	608'470	526'177
<i>Production annuelle moyenne en MWh</i>	3'550	2'855
Annuité constante en CHF	250'299	250'299
Frais d'exploitation en CHF	107'193	107'193
Droit de passage dans la galerie en CHF	20'000	20'000
Redevance hydraulique éventuelle en CHF	41'334	34'733
Total des frais annuels en CHF	418'827	412'226

Calcul avec les redevances

Prix de revient du kWh en cts	11.80	14.44
Marge annuelle en CHF	189'643	113'951

Calcul <u>sans</u> les redevances		
Prix de revient du kWh en cts	10.63	13.22
Marge annuelle en CHF	230'977	148'684

Tableau 0.5 : Prix de revient et marge avec amortissement et revenu selon OEne

Calcul du prix de revient avec amortissement classique

	Sans irrigation	Avec irrigation
Taux d'annuité pondéré	6.6 %	6.6 %
<i>Production annuelle moyenne en MWh</i>	3'550	2'855
Annuité constante en CHF	232'880	232'880
Frais d'exploitation en CHF	107'193	107'193
Droit de passage dans la galerie en CHF	20'000	20'000
Redevance hydraulique éventuelle en CHF	41'334	34'733
Total des frais annuels en CHF	401'408	394'807

Calcul <u>avec</u> les redevances		
Prix de revient du kWh en cts	11.31	13.83
Marge annuelle en CHF	Dépendante du prix du marché	

Calcul <u>sans</u> les redevances		
Prix de revient du kWh en cts	10.14	12.61
Marge annuelle en CHF	Dépendante du prix du marché	

Tableau 0.6 : Prix de revient et marge avec amortissement "classique"

L'utilisation de durées d'amortissement "classiques" sous entend la commercialisation de la production hors OEne.



Notice préliminaire d'impact

INTRODUCTION

Afin d'intégrer au stade de cet avant projet la problématique environnementale, une notice d'impact préliminaire est proposée (réalisée par Nivalp SA). Le projet n'étant pas définitivement arrêté, la notice qui suit se trouve donc à mi chemin entre une notice d'impact préliminaire et un cahier des charges.

Celle-ci a pour but de :

- décrire les procédures à suivre en matière environnementale avant la réalisation des travaux;
- décrire les impacts attendus du projet et les études complémentaires nécessaires dans le cadre de la suite de la procédure;
- proposer des mesures de réduction des impacts;
- servir de base de décision aux FMG.

CONCESSIONS ET PROCÉDURES

Concessions

La société des Forces Motrices de la Gougra SA (FMG) est au bénéfice des concessions de droits d'eau pour l'exploitation des forces hydrauliques de la Navizence du pont de Vissoie jusqu'à la restitution dans le Rhône. Les concessions prendront fin le 20.04.2084. Celles-ci sont encore en cours d'homologation.

Selon les FMG, les concessions Gougra font actuellement foi sur le secteur considéré. Celles-ci prendront fin le 31.12.2039.

Bases légales et procédures

Les aménagements prévus s'inscrivent dans le cadre des concessions citées au chapitre précédent. Aucune nouvelle concession n'est donc requise.

Selon l'annexe 1 de l'ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE, annexe 1 point 21.3), seules les centrales à accumulation et centrales au fil de l'eau ainsi que les centrales à pompage turbinage d'une puissance supérieure à 3 MW nécessitent une étude d'impact sur l'environnement. La puissance projetée étant inférieure à 3 MW (1.0 MW, cf. chapitre 12.3.1), le projet ne requiert pas d'EIE.

L'article 43 LFH-VS précise toutefois que "*lors de la construction de nouvelles installations hydrauliques [...], les dispositions applicables sur la protection de l'environnement, sur la protection de la nature et du paysage, sur la protection des eaux, sur la police des forêts et sur la pêche doivent être prises en compte*". Le projet devra donc être accompagné d'une notice d'impact sur l'environnement.

La procédure d'approbation d'un aménagement inférieur à 3 MW dans un secteur déjà concédé est régie par le Canton du Valais de la manière suivante :

1. Contacts préliminaires : examen du projet et définition de la procédure des autorisations spéciales (défrichement, captage,...), du contenu exact du dossier et des services à consulter;
2. Autorisation de construire par le DSSE : mise à l'enquête publique (30 jours), décision d'autorisation par le DSEE.

La notice d'impact accompagnant le projet de détail sera ainsi fournie au niveau de l'autorisation de construire.

Selon que le projet s'inscrive dans le cadre des concessions Gougria ou Navizence inférieure, l'application des dispositions relatives aux débits résiduels s'appliqueront ou pas. Dans le cas des concessions Navizence inférieure (postérieure à l'entrée en vigueur de la loi sur la protection des eaux LEaux, 1992), les dispositions sur le maintien de débits résiduels convenables (art. 29-36 LEaux) s'appliqueront. Un rapport sur les débits résiduels sera donc requis (art. 33 al. 4 LEaux), que le projet soit ou non soumis à l'étude d'impact sur l'environnement. Pour rationaliser le travail, la notice d'impact accompagnant le dossier d'autorisation de construire sera intégrée dans le rapport sur les débits résiduels (selon "Instructions – Débits résiduels convenables – comment les déterminer ?", OFEFP 2000).

Dans le cas des concessions Gougria, les dispositions relatives aux débits résiduels minimaux ne s'appliquent pas. Seule une notice d'impact accompagnera le projet.

PROJET TECHNIQUE

Aménagements

Le projet prévoit le captage des eaux de la Navizence au niveau de la prise d'eau existante du bisse de Ricard. Cette prise d'eau sera démontée et reconstruite (prise d'eau et dessableur). Les eaux emprunteront ensuite les galeries existantes du bisse de Ricard. À la sortie de la galerie, un canal recouvert de dalles en béton longera à niveau sur 150 m environ le sentier du bisse de Ricard. Là, une conduite forcée précédée d'une chambre de mise en charge amènera les eaux dans la centrale de turbinage située au sud de la zone de Chippis à bâtir (542 msm). La puissance électrique projetée sera de 998 kW. Les eaux seront ensuite restituées à la Navizence toute proche.

L'électricité produite sera connectée au réseau par une ligne enterrée (env. 460 m') traversant la zone à bâtir de Chippis.

Débits de dotations

Comme énoncé au chapitre 12.2.2, la concession faisant foi doit encore être précisée.

En cas d'application des débits résiduels, on rappellera ici les dotations fixées dans le cadre des renouvellements des concessions Navizence :

Ÿ Q dotations min = 470 l/s pour la Navizence en aval de Vissoie;

Ÿ Q dotations min = 50 l/s pour le torrent de Fang.

L'étude "Mini-hydraulique, évaluation des potentiels hydrologiques et énergétiques de nouveaux captages dans le val d'Anniviers" (Idéalp 2007) a montré que le Q_{347} au niveau de la prise d'eau du bisse de Ricard est de l'ordre de 1'400 l/s. Le débit résiduel minimal à respecter, en cas d'application de l'art. 31 LEaux, atteint ainsi 560 l/s. Ce débit de dotation a été retenu pour le calcul du projet. On précisera encore qu'en considérant les dotations de Fang et de Vissoie (50 l/s + 470 l/s), le complément de dotation pour le bassin versant capté dans le cadre de ce projet se monte à 40 l/s (560 l/s - 50 l/s - 470 l/s). En cas d'application des débits résiduels, le volume de 560 l/s ne pourra ainsi être atteint que si les dotations de Fang et de Vissoie se voient réalisées.



DIAGNOSTIQUE ENVIRONNEMENTAL

Les chapitres suivants traitent des aspects "écomorphologie", "hydrobiologie" et "milieux riverains". Ils se basent sur le rapport d'assainissement "Val d'Anniviers" (Groupement pour l'assainissement du val d'Anniviers et des Vièges, Idéalp et al., 2006). Aucun nouveau relevé n'a été effectué dans le cadre de cet avant-projet.

Etat actuel

Le projet de Ricard touche les tronçons NAV03, NAV04, NAV05 étudiés dans le cadre du projet d'assainissement.

Ecomorphologie

Les 3 tronçons correspondent aux secteurs des gorges et de sortie des gorges de la Navizence. Ils sont peu atteints du point de vue écomorphologique. Les tronçons NAV04 et NAV05 sont naturels. On note toutefois un léger colmatage du lit mouillé. Le profil en long est marqué par la présence de la prise d'eau du bisse de Ricard ainsi que pas de nombreux seuils naturels. Le tronçon NAV03 est un biotope aménagé en bordure de la Navizence (enrochements perméables, rives typiques d'un cours d'eau,...).

Hydrobiologie

Les tronçons NAV04 et NAV05 sont naturels, alors que le tronçon NAV03 est peu atteint.

La Navizence est un cours d'eau alpin à caractère salmonicole (zone à truite). La truite de rivière est la seule espèce indigène qui peuple le cours d'eau. Des espèces exogènes (truite arc-en-ciel, saumon de fontaine,...) sont parfois utilisées pour le repeuplement. L'habitat des poissons et les caches sont bons, de même que la diversité des substrats sur le secteur considéré.

Par contre, la libre circulation des poissons est entravée dans les gorges (NAV04 et NAV05) en raison de la présence de nombreux seuils naturels infranchissables.

La population de truites actuelle de la Navizence est très fortement soutenue par les rempoissonnements effectués en grande partie avec des poissons adultes. A ce jour, une reproduction naturelle n'a pas été démontrée.

Milieux riverains :

Les milieux riverains sont naturels (NAV04 et NAV05) à peu atteints (NAV03 : biotope aménagé). Le régime nettement réduit des crues en aval de Vissoie a toutefois probablement eu un impact notable sur la flore des berges et des rives.

Impacts attendus

En considérant les débits de dotation tels que décrites au chapitre 12.3.2, c'est-à-dire en respectant le débit résiduel minimal légal (560 l/s), le projet ne devrait pas modifier sensiblement les aspects décrits ci-dessus :

- ÿ écomorphologie : le projet exercera un impact probable léger sur la variabilité de l'écoulement et du lit mouillé;
- ÿ hydrobiologie : le respect du débit résiduel minimal devrait garantir la survie de la truite présente sur le tronçon. Les tronçons rencontrés présentent déjà de nombreux seuils naturels infranchissables pour le poisson. Le remplacement de la prise d'eau de Ricard ne présente donc pas une contrainte supplémentaire pour le poisson. Aucune échelle à poisson n'est donc proposée.

• milieux riverains : ceux-ci ne devraient être que peu perturbés par le projet. On note toutefois la présence d'un biotope de compensation réalisé dans le cadre du renouvellement des concessions Navizence (tronçon NAV03) à proximité de la zone de restitution des eaux. Celles-ci devront être restituées en amont de ce biotope.

On notera que les impacts décrits ci-dessus partent du principe de l'application par les FMG des dotations fixées dans le cadre du renouvellement des concessions Navizence (cf. chapitre 12.3.2).

Etudes nécessaires

Les différents points cités ci-dessus devront être étudiés dans le détail dans le cadre de la notice d'impact qui accompagnera le projet de mise à l'enquête. Les données des dossiers de renouvellement des concessions (EIE, rapport sur les débits résiduels) et du rapport d'assainissement du val d'Anniviers pourront être partiellement reprises.

La Navizence étant un cours d'eau piscicole, une demande d'intervention dans les eaux piscicoles devra être fournie au dossier de mise à l'enquête.

En outre, la restitution des eaux à la Navizence devra être faite en amont du biotope de compensation.

PROTECTION DE LA FLORE

Etat actuel

Aucune zone de protection de la nature n'est touchée par le projet. Aucun relevé floristique n'a été effectué dans le cadre de cette notice préliminaire. Un parcours du tracé a toutefois permis de caractériser le milieu naturel suivant:

Chênaie buissonnante (Quercion-pubescenti-petraeae)

Cette association se développe sur les pentes raides parsemées d'éboulis au sud-ouest de Chippis. La conduite devrait traverser ce milieu dès la sortie des galeries de Ricard jusqu'en amont de la centrale de turbinage, sur une longueur approximative de 370 m'. Sur ce versant, le chêne n'est par partout dominant. De nombreuses essences pionnières comme le tremble ou le pin sylvestre se développent également dans le secteur. Il s'agit d'un milieu digne de protection selon l'OPN.

La prise d'eau sera aménagée en bordure de Navizence, dans un secteur déjà terrassé.

Dans la plaine de Chippis, le projet traversera un terrain de sport.

Enfin, l'implantation de la centrale est à ce jour projetée à proximité de la Navizence, en bordure d'un biotope récemment aménagé.

Impacts attendus

En phase de travaux, le projet touchera un milieu naturel digne de protection (chênaie buissonnante). L'impact sur ce milieu sera fort à court terme mais tendra à se réduire à moyen terme, le tracé de la conduite étant progressivement recolonisé par des essences de la chênaie environnante.

Une description détaillée des impacts devra être réalisée dans le cadre de la notice d'impact



accompagnant le dossier de mise à l'enquête.

Etudes nécessaires

La notice d'impact devra présenter les éléments suivants :

- ÿ cartes d'association végétales touchées et listes floristiques;
- ÿ surfaces touchées par le projet pour chaque milieu rencontré;
- ÿ évaluation des impacts;
- ÿ mesures intégrées au projet et mesures de compensation (reconstitution / remplacement).

Le tracé de la conduite devra être choisi de manière à limiter au strict minimum nécessaire l'emprise sur la chênaie. En outre, le biotope aménagé en bordure de la Navizence ne devra pas être touché par l'implantation de la centrale.

PROTECTION DU PAYSAGE / TOURISME

Etat actuel

Aucune zone de protection du paysage fédérale ou cantonale n'est touchée par le projet. On notera toutefois la présence de l'objet IFP 1716 "Forêt de Finges-Illgraben". Celui-ci occupe en effet une partie de la rive droite de la Navizence dans le secteur du projet.

Tout le secteur des gorges de la Navizence sur la commune de Chippis est situé en zone de protection du paysage selon le plan de zones communal.

Entre la sortie de la galerie du bisse de Ricard et la station de turbinage, les sentiers pédestres homologués suivants sont recensés :

- ÿ sentier pédestre principal du bisse de Ricard : la conduite empruntera approximativement le tracé de ce sentier sur 150 m environ;
- ÿ sentier pédestre principal Chippis – Brie : la conduite forcée en forêt traversera ce sentier à l'altitude approximative de 560 msm.

Le projet s'inscrit dans le secteur final des Gorges de la Navizence. L'impact sur le paysage ne se fera toutefois ressentir qu'au sortir des Gorges, là où la conduite forcée sera réalisée.

Dans ce secteur, le paysage est caractérisé par les pentes raides et boisées de l'embouchure du Val d'Anniviers. Falaises, éboulis, forêts et gorges sont les éléments structurants du paysage. On notera également la présence de 4 lignes haute tension traversant le secteur approximativement sous le tracé de la conduite forcée. Ce secteur n'est toutefois visible que depuis le sud du village de Chippis ainsi que depuis les premiers virages de la route d'Anniviers qui donnent sur les gorges de la Navizence.

Impacts attendus

L'impact sur le paysage se limitera à l'ouverture en forêt d'une tranchée nécessaire à la pose de la conduite ainsi qu'aux terrassements pour l'enfouissement de cette conduite.

L'impact paysager des travaux sera fort à court terme depuis le sud du village de Chippis, mais s'atténuera par le reverdissement dans l'emprise des terrassements. À moyen terme, la colonisation naturelle par une végétation buissonnante achèvera l'intégration paysagère de l'ouvrage.

Du point de vue tourisme pédestre, les deux sentiers cités ci-dessus seront touchés pendant la phase de travaux. L'alimentation en eau du bisse de Ricard ne sera pas modifiée, le consortage du bisse disposant de droits d'eau.

Mesures

Les mesures d'intégration suivantes seront prises en compte dans le cadre de l'élaboration du projet de détail :

- ÿ limitation des emprises au strict minimum nécessaire;
- ÿ le tracé de la conduite sera réalisé de manière à ce qu'il soit le plus possible caché des regards;
- ÿ aucune piste de chantier ne sera ouverte;
- ÿ les zones terrassées seront remises en état. Le projet précisera si on laisse faire la recolonisation naturelle ou si des semis ou plantations sont à effectuer;
- ÿ un accès sécurisé aux sentiers sera assuré en tout temps. Lorsque les travaux le nécessiteront, des itinéraires de déviation seront signalés.

FAUNE

Etat actuel

Le projet s'inscrit pratiquement entièrement à l'intérieur du district franc cantonal n° 104.

Le chamois, le chevreuil ainsi que le cerf sont recensés dans le secteur du projet.

Du point de vue avifaune, outre les espèces communes liés aux zones de transitions forêt – zone construite – zone agricole, le faucon pèlerin et le hibou grand-duc, espèces figurant sur la liste rouge des oiseaux de Suisse (catégorie "espèces vulnérables"), peuvent potentiellement occuper le secteur.

Impacts attendus

Les impacts sur la faune et l'avifaune se limiteront à la période de chantier. Les zones refuge étant suffisamment vastes dans le secteur, l'impact du projet en phase de travaux sera faible. Le gibier ne sera dérangé que dans la zone située entre la sortie de la galerie du bisse et Chippis. En phase d'exploitation, l'impact sera nul.

Mesures

Les coupes d'arbres pour la pose de la conduite seront réalisées hors période de nidification de l'avifaune (mars – juillet)



PROTECTION CONTRE LE BRUIT

Etat actuel

Dans le cadre de projets de mini-centrale hydraulique, les sources de bruit en phase d'exploitation se limitent au turbinage des eaux au niveau de la centrale.

Celle-ci sera située à proximité de la Navizence dans une zone d'équipement public et à proximité de la zone à bâtir de Chippis. Les degrés de sensibilité (DS) des terrains situés à proximité de la centrale sont les suivants :

ÿ zone d'équipement public : DSIII

ÿ zone à bâtir : DSII

Impact attendus et études nécessaires

L'exploitation de la centrale sera source de bruit.

L'impact en matière de bruit devra être étudié dans le cadre de la notice d'impact accompagnant le dossier de la mise à l'enquête.

S'agissant d'une nouvelle installation au sens de l'article 2 OPB, les immissions provenant de cette installation devront respecter les valeurs de planification (VP) des degrés de sensibilité au bruit attribués aux zones avoisinantes. Si tel ne devait pas être le cas, le projet devra être adapté en conséquence (déplacement de la centrale, mesures antibruit,...).

En outre, le respect de la directive sur le bruit des chantiers doit être garanti.

EAUX DE SURFACES

Les aspects relatifs aux protections des sources sont traités dans le chapitre 5 du présent avant-projet.

Etat actuel

Les eaux de surface situées à proximité du projet sont la Navizence (prise d'eau et restitution) ainsi que le bisse de Ricard.

Impacts attendus

Le projet n'aura aucun impact direct sur la qualité des eaux de surface en phase d'exploitation.

Les risques se limiteront aux déversements potentiels d'hydrocarbures par les machines de chantier ainsi qu'aux pertes d'huile.

Mesures

ÿ dériver provisoirement des eaux de la Navizence au moyen de tuyaux durant les travaux de terrassement;

- ÿ les fûts et bidons d'hydrocarbures, huile ou tout autre liquide pouvant polluer les eaux seront entreposés dans des bacs étanches pouvant contenir 100% du liquide ou stockés dans des récipients à double paroi; ces derniers seront placés à bonne distance des cours d'eau;
- ÿ utilisation pour les machines d'huiles hydrauliques biodégradables rapidement;
- ÿ les systèmes hydrauliques des machines de chantier doivent être en parfait état et régulièrement contrôlés;
- ÿ une quantité de produits absorbants (Terraperl / Ecoperl) correspondant à la quantité d'huile minérale présente se trouvera en permanence sur le chantier.

PROTECTION DES SOLS

Etat actuel

Les sols touchés par les terrassements nécessaires à l'implantation de la conduite sont situés pour l'essentiel en forêt. Il s'agit probablement de sols bruns acides.

Impacts attendus

La fouille nécessitera l'ouverture d'une tranchée à travers la forêt. Les déblais seront entreposés de part et d'autre de la fouille. Les travaux seront entrepris à l'aide d'une pelle araignée et l'emprise totale nécessaire est d'une largeur d'environ 5.0 m. Après les travaux, si le sol est reconstitué suivant sa structure originelle et les travaux exécutés soigneusement, la fertilité du sol se reconstituera rapidement.

Mesures

On notera qu'il est essentiel d'entreposer séparément chaque horizon du sol de manière à ne pas mélanger les horizons C stériles avec le sous-sol B fertile ou l'horizon A_h humique.

Le sol se forme en effet à partir de l'érosion de la roche mère, des végétaux et animaux, de l'activité de décomposition par les insectes et les microorganismes, ainsi que les bioturbation des vers de terre. Les mesures exigées sont donc :

- ÿ entreposer l'horizon Ah, B et C séparément;
- ÿ rouler et stationner sur l'horizon C;
- ÿ remettre en place les horizons dans l'ordre, soit C d'abord, B ensuite et Ah en dernier;

PROTECTION DE LA FORÊT

Etat actuel

La conduite forcée sera construite en forêt sur une distance approximative de 370 m'.

L'association forestière touchée est une chênaie buissonnante.

Selon la carte des fonctions forestières, le peuplement touché exerce une fonction "nature et paysage". Quelques couloirs de chutes de pierres sont mentionnés dans la cartographie des



aléas effectuée dans le cadre du projet effor2.

Impacts attendus

La réalisation de la conduite nécessitera l'ouverture d'une tranchée en forêt. La conduite étant enterrée, une végétation de type forestière pourra s'installer à moyen terme sur les zones terrassées. L'impact sur la forêt sera donc modéré à moyen terme. On notera que la chambre de mise en charge et la conduite sur certains tronçons (rochers) seront réalisées à ciel ouvert.

Etudes nécessaires

Le projet de détail devra limiter au maximum l'emprise sur les forêts.

Pour être conforme à la législation sur les forêts, le projet nécessitera une demande de création de servitude forestière.

Une demande de défrichement devra être fournie avec le dossier de mise à l'enquête si le sol, à l'endroit de la chambre de mise en charge et sur les tronçons à ciel ouvert, est défini comme forestier.

DANGERS NATURELS

Etat actuel

Les secteurs ne sont pas menacés par d'éventuelles avalanches.

Par contre, selon la cartographie des aléas effectués dans le cadre du projet effor2, le secteur de la prise d'eau ainsi que le secteur de la conduite forcée sont situés partiellement dans des couloirs de chutes de pierres (cf. aussi chapitre 5).

Etudes nécessaires

Lors de l'établissement du projet définitif, un avis géologique devra démontrer les risques encourus en phase de construction et, le cas échéant, proposer des mesures de protection temporaires. La conduite ainsi que la prise d'eau se trouvent en effet partiellement dans des couloirs de chutes de pierres.

SYNTHÈSE

La matrice de pertinence suivante fait état de l'importance des domaines environnementaux aux différents stades de réalisation du projet :

	Etat actuel	Phase de chantier	Phase d'exploitation
Ecomorphologie	—	—	—
Hydrobiologie	——	——	——

Milieux riverains	—	—	—
Flore	—	—	—
Paysage / tourisme	—	—	—
Faune	—	—	—
Bruit	—	—	—
Eaux de surface	—	—	—
Protection des sols	—	—	—
Forêt	—	—	—

Importance des domaines : — Elevée

— Moyenne

— Faible

Tableau 0.1 : Matrice de pertinence des impacts environnementaux"

L'ensemble des points traités dans les chapitres précédents peut être repris et détaillé dans le cadre de la notice d'impact accompagnant le projet d'autorisation de construire. Un accent particulier devra être donné aux chapitres traitant de la flore, de la forêt, du bruit et de l'hydrobiologie.

Outre la notice d'impact, le dossier de mise à l'enquête devra fournir les dossiers suivants, afin de respecter les procédures connexes :

Ÿ demande de création de servitude forestière;

Ÿ demande de défrichement (à définir);

Ÿ demande d'intervention dans les eaux piscicoles.

Les aspects de protection des sources, non traités dans cette notice d'impact préliminaire mais décrits précédemment dans ce dossier, seront intégrés à la notice d'impact.

Calendrier prévisionnel/Suite des démarches

En cas de décision de poursuivre la réalisation du projet, les étapes indiquées dans notre planning en annexe sont à entreprendre. Les délais relatifs aux procédures sont donnés de manière indicative, il est clair que les délais des procédures sont toujours très difficiles à définir. On peut également relever que le chemin critique pour le projet en phase de réalisation est l'approvisionnement du groupe turbine-alternateur (18 mois). Dans le cas le plus favorable, la fin des travaux est prévue pour fin 2010.



Remarques et recommandations

L'étude de variantes a permis de sélectionner un projet optimal d'un point de vue technique, économique et environnemental.

L'analyse d'avant-projet démontre que le choix arrêté est techniquement réalisable, combien même des études complémentaires devront être menées en cas de réalisation. On pense en particulier aux aspects liés au by-pass ou déversement de l'eau en cas d'arrêt de la turbine. La problématique de la propriété des terrains, des servitudes et des mesures environnementales devra également être abordée en détail dans une étape ultérieure.

La variante retenue aboutit à un prix de revient se situant entre 11.3cts/kWh et 14.4cts/kWh selon le mode d'amortissement considéré et en fonction de l'importance des prélèvements pour l'irrigation. Ce niveau de prix est intéressant, si l'on considère d'une part la tendance à la hausse de prix de l'électricité sur le marché européen, et, d'autre part, les possibilités offertes par la nouvelle ordonnance sur l'énergie, bien que celle-ci ne soit pas encore adoptée dans sa version finale.

Nous ne pouvons par conséquent que recommander aux Forces Motrices de la Gougria de poursuivre l'étude de ce projet en vue de sa réalisation.

Liste des Tableaux de valeurs

<i>Tableau 4.1 : Définition des variantes des bassins versants.....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 9.1 : Choix des diamètres de conduite.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 9.2 : Choix du débit d'équipement.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 9.3 : Caractéristiques principales des turbines.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 9.4 : Caractéristiques principales des alternateurs.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 9.5 : Production annuelle moyenne sans irrigation pour chaque variante.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 9.6 : Production annuelle moyenne avec irrigation pour chaque variante.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 10.1 : Investissement pour chaque variante.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 10.2 : Chiffre d'affaire annuel sans irrigation pour chaque variante.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 10.3 : Chiffre d'affaire annuel avec irrigation maximale pour chaque variante.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 10.4 : Prix de revient du kWh et marge annuelle sans irrigation pour chaque variante.....</i>	<i>31</i>

<i>Tableau 10.5 : Prix de revient du kWh et marge annuelle avec irrigation maximale pour chaque variante.....</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 11.1 : Principales caractéristiques de la turbine.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 11.2 : Principales caractéristiques de l'alternateur.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 11.3 : Investissement.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 11.4 : Chiffre d'affaire annuel</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 11.5 : Prix de revient et marge avec amortissement et revenu selon OEne.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 11.6 : Prix de revient et marge avec amortissement "classique"</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 12.1 : Matrice de pertinence des impacts environnementaux".....</i>	<i>58</i>

