

Dossier réalisé par :
ESPLAN
8 avenue de Saint Maur
34 000 Montpellier

Rédacteur : Eric HAFNER

Document 5

Mémoire technique



CENTRALE HYDROELECTRIQUE DES BOCHERES-ARPIN

COURS D'EAU : LE VERSOYEN
COMMUNES : BOURG SAINT MAURICE ET SEEZ
DEPARTEMENT : LA SAVOIE

PETITIONNAIRE : CENTRALE DES BOCHERES

AOUT 2022

Sommaire

« Mémoire technique »

1.	Nomenclature sur l'Eau	3
2.	Nature, consistante, le volume et l'objet des ouvrages	5
2.1.	Hydrologie (cf. Pièce 10/Annexe 1)	5
2.2.	Débits dérivés	6
2.3.	Débit réservé	7
2.4.	Niveaux eaux et hauteurs de chute (cf. Pièce 10/Annexe 2)	7
2.5.	Tronçon court-circuité	7
2.6.	Prise d'eau / chambre de mise en charge	8
2.7.	Circuit de dérivation	8
2.8.	Puissances	8
3.	Ouvrages hydrauliques en amont et en aval	10
3.1.	Les ouvrages hydrauliques en amont	10
3.1.1.	Le seuil de la centrale de Bonneval	10
3.1.2.	Le système Roselend – La Bâthie	11
3.1.3.	Les autres ouvrages en amont	13
3.2.	Les ouvrages hydrauliques en aval	13
4.	Projet de centrale des Bochères	14
4.1.	La prise d'eau	15
4.2.	Conduite forcée	15
4.3.	Centrale	18

1.Nomenclature sur l'Eau

Les rubriques définies au tableau de l'article R214-1 du Code de l'Environnement concernées par le projet des Boières sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

RUBRIQUE	INTITULE	REGIME
1.2.1.0	<p>A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :</p> <p>1° D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³ / heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (A) ;</p> <p>2° D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1 000 m³ / heure ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (D).</p>	<p>Autorisation 7 848 m³ / heure (2,18 m³/s)</p> <p>(note : Intégralité des débits restitués au cours d'eau)</p>
2.2.1.0.	<p>Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2. 1. 5. 0 ainsi que des rejets des ouvrages visés aux rubriques 2. 1. 1. 0 et 2. 1. 2. 0, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 10 000 m³/j ou à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (A)</p> <p>2° Supérieure à 2 000 m³/j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieure à 10 000 m³ / j et à 25 % du débit moyen interannuel du cours d'eau (D).</p>	<p>Autorisation – 49% (0,84 m³/s / 1,85 m³/s) du débit interannuel</p>
3.1.1.0	<p>Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</p> <p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;</p> <p>2° Un obstacle à la continuité écologique :</p> <p>a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ;</p> <p>b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation(D).</p> <p>Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.</p>	<p>Seuil de la centrale de Bonneval utilisé et non modifié. Ce seuil est déjà autorisé</p> <p>Pas de nouveau seuil requis pour le projet</p>

RUBRIQUE	INTITULE	REGIME
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3. 1. 4. 0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau : 1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D). Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.	Longueur du TCC (Tronçon Court-circuité) de 2129 m => Autorisation
3.1.5.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet : 1° Destruction de plus de 200 m ² de frayères (A) ; 2° Dans les autres cas (D).	Déclaration – Uniquement ouvrage pour la traversée de la conduite
3.2.3.0	Plans d'eau, permanents ou non : 1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) ; 2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D)	Retenue de Bonneval utilisée et non modifiée. Cette retenue est déjà autorisée Pas de nouvelle retenue requise pour le projet

Le projet est soumis à AUTORISATION au titre des rubriques n° 1.2.1.0, 2.2.1.0 et 3.1.2.0 et DECLARATION au titre de la rubrique n° 3.1.5.0. Le projet a une Puissance Maximale Brute de 2 777 kW.

Il faut rappeler que le projet est la fusion des projets des Boières et Arpin, tous les deux autorisés.

2. Nature, consistante, le volume et l'objet des ouvrages

La centrale hydroélectrique de Bonneval (centrale existante en amont) est autorisée par arrêté préfectoral du 31 juillet 1978, complété par l'arrêté du 13 octobre 2014.

Le projet des Bochères a été autorisé. Ce projet prévoit d'implanter la centrale hydroélectrique des Bochères, en aval, dont la chambre de mise en charge serait en aval de la restitution des turbines de la centrale de Bonneval. Le projet des Bochères n'implique pas la création d'un nouvel ouvrage hydraulique de dérivation dans le cours d'eau. Les débits seraient directement prélevés à la restitution de Bonneval avant la réintégration des débits dans le cours d'eau.

La centrale Arpin en aval des Bochères, aussi autorisée, a été acquise par la société Centrale des Bochères et il est envisagé de fusionner les deux projets.

Avec la fusion des deux projets autorisés, les caractéristiques du projet unique Bochères Arpin sont les suivantes :

2.1. Hydrologie (cf. Pièce 10/Annexe 1)

- | | |
|--|-------------------------|
| - Cours d'eau : | Le Versoyen |
| - Superficie bassin versant : | 108,8 km ² |
| - Débit moyen, sans prendre en compte les débits prélevés par EDF en amont : | 5,48 m ³ /s |
| - Débit moyen après prélèvements d'EDF : | 1,73 m ³ /s |
| - Débit de crue (100 ans) : | 80 m ³ /s |
| - Débit d'étiage (QMN5) : | 0,545 m ³ /s |

2.2. Débits dérivés

- Débit maximal dérivé : 2,18 m³/s
- Débit amorçage turbine : 0,218 m³/s
- Débit moyen dérivé : 0,84 m³/s

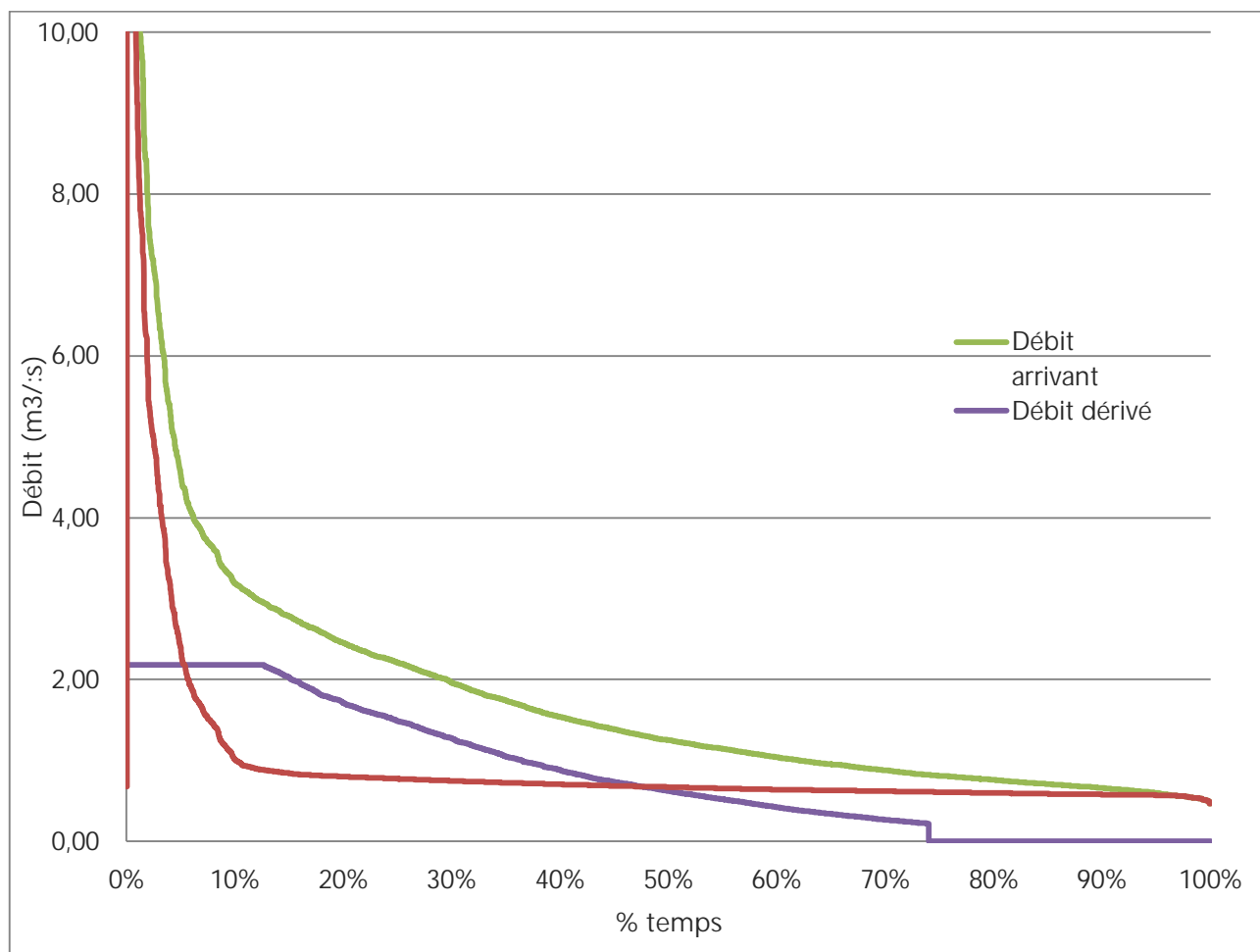


Figure – Courbe des débits classés

Ce graphique comporte trois courbes :

- La courbe des débits arrivant, ce sont les débits au niveau de la restitution de Bonneval (Débit restitué par Bonneval et les débits dans le tronçon court-circuité par Bonneval) ;
- La courbe des débits dérivés qui transitent par la turbine du projet ;
- La courbe des débits qui transitent dans le tronçon court-circuité (TCC) du projet.

L'analyse de ces courbes montre que :

- 95 jours par an, l'installation sera arrêtée car les débits sont trop faibles. Il faut un minimum de 0,657 m³/s (avec le débit réservé) pour démarrer l'installation ;
- 46 jours par an, le débit déversé sera supérieur au débit réservé ;
- Le débit dérivé représente 49% des débits arrivant.

2.3. Débit réservé

Le débit réservé proposé par le pétitionnaire est de 0,548 m³/s, soit 10% du module du Versoyen (débit moyen en réintégrant les débits dérivés par EDF) et 31,0% du débit moyen du Versoyen après les prélèvements des prises d'eau d'EDF.

- Débit réservé : 0,548 m³/s

Note : Ce débit est supérieur au QMA5 qui est de 0,540 m³/s.

2.4. Niveaux eaux et hauteurs de chute (cf. Pièce 10/Annexe 2)

- Le niveau en aval de la centrale est de :
 - o En étiage (0,54 m³/s) : 827,46 m
 - o Eaux moyennes (Débit moyen – 1,73 m³/s) : 827,55 m
 - o Débit nominal centrale (2,18 m³/s + 0,548 m³/s) : 827,60 m
 - o Crue 100 ans (80 m³/s) : 829,18 m
- Le niveau de l'eau dans la prise d'eau est de : 857,40 m
- La chute brute (différence niveau retenue – restitution) est de :
 - o A l'étiage : 129,94 m
 - o Conditions nominales (Débit réservé + 2,18 m³/s) : 129,80 m
 - o En eaux moyennes (module) : 129,85 m
- La chute nette (chute brute diminuée des pertes de charges) est de
 - o A l'étiage : 129,94 m
 - o Conditions nominales (Débit réservé + 2,18 m³/s) : 121,91 m
 - o En eaux moyennes (module) : 127,53 m

Deux échelles limnigraphiques, visibles depuis la berge, seront placées aux endroits suivants :

- En amont sur le parement de la chambre de mise en charge ;
- En aval de la centrale, sur le parement de la restitution.

2.5. Tronçon court-circuité

- Longueur tronçon court-circuité : 2 129 m

2.6. Prise d'eau / chambre de mise en charge

- | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------------------|
| - Localisation : | En aval restitution Bonneval | |
| - Niveau eau amont : | 957,40 | m |
| - Débit maximum dérivé : | 2,18 | m ³ /s |

2.7. Circuit de dérivation

Le circuit de dérivation comporte les éléments suivants :

- Prise d'eau avec chambre de mise en charge, déversoir latéral et orifice pour le complément du débit réservé ;
- Vannes de garde/vanne de survitesse ;
- Conduite forcée avec alimentation depuis la conduite forcée de Bonneval pour remplissage initial.

Vannes de tête du circuit :

- | | | |
|----------------------|----------|----|
| - Nombre de vannes : | 1 | |
| - Type de vanne : | Papillon | |
| - Diamètre vanne : | 1100 | mm |

Conduite forcée :

- | | | |
|-------------------|-------------|----|
| - Longueur : | 2208 | m |
| - Diamètre : | 1100 | mm |
| - Type conduite : | Acier soudé | |

Configuration de l'unité :

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| - Nombre d'unités : | 2 |
| - Type turbine : | Francis horizontales |
| - Débit nominal : | 1,53+0,65 m ³ /s |
| - Débit d'armement : | 0,218 m ³ /s |

2.8. Puissances

Technique :

Dérivation par conduite forcée de 2,18 m³/s de capacité, 1100 mm de diamètre, 2208 m de longueur – Pertes de charges pour 2,18 m³/s = 7,89 m

Turbine Francis couplée à un alternateur synchrone

Puissance maximale de 2 172 kW nets / Rendement du groupe 83%.

Durée de fonctionnement : Disponibilité de l'installation 24 :24h 365 j par an.

Fonctionnement en fonction du débit du Versoyen.

Puissance maximum brute :

$$P.M.B. : 9,81 \times 2,18 \text{ m}^3/\text{s} \times 129,85 \text{ m} = 2\,777 \text{ kW}$$

Puissance maximum disponible :

$$P.M.D = 83\% \times 9,81 \times 2,18 \text{ m}^3/\text{s} \times 121,91 \text{ m} = 2\,172 \text{ kW}$$

Puissance normale brute :

Le débit moyen annuel dérivé est égal à $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$P.N.B. = 9,81 \times 0,84 \text{ m}^3/\text{s} \times 129,85 \text{ m} = 1\,070 \text{ kW}$$

Puissance normale disponible :

$$P.N.D. = 83\% \times 9,81 \times 0,84 \text{ m}^3/\text{s} \times 121,91 \text{ m} = 837 \text{ kW}$$

Production d'énergie théorique annuelle :

$$\text{Energie produite} = P.N.D. \times 8760 \text{ h/an} = 7\,331\,000 \text{ kWh/an}$$

Volume stockable : 0 m^3 / La centrale fonctionne au fil de l'eau.

Ce chiffre diffère du calcul exact du productible ($7\,346 \text{ MWh/an}$) car celui-ci tient compte de la variation de la chute nette en fonction du débit turbiné et de la disponibilité moyenne des équipements (97%).

3. Ouvrages hydrauliques en amont et en aval

3.1. Les ouvrages hydrauliques en amont

3.1.1. Le seuil de la centrale de Bonneval

Il s'agit de l'ouvrage le plus proche en amont de la prise d'eau du projet des Bochères.

Les caractéristiques de ce seuil :

- N° ROE :	ROE 59120
- Type : Ouvrage de maçonnerie	
- Hauteur au-dessus du terrain naturel	4,00 m
- Largeur du seuil à sa base :	2,76 m
- Longueur en crête	25,90 m
- Largeur déversoir :	13,00 m
- Cote NGF de la crête du seuil :	1 035,50 m

Le seuil est équipé d'une vanne de décharge :

- Cote radier vanne :	1032,20 m
- Largeur vanne :	2,0 m
- Hauteur tablier :	2,0 m

Le projet de centrale des Bochères n'a aucun impact sur ce seuil en amont.

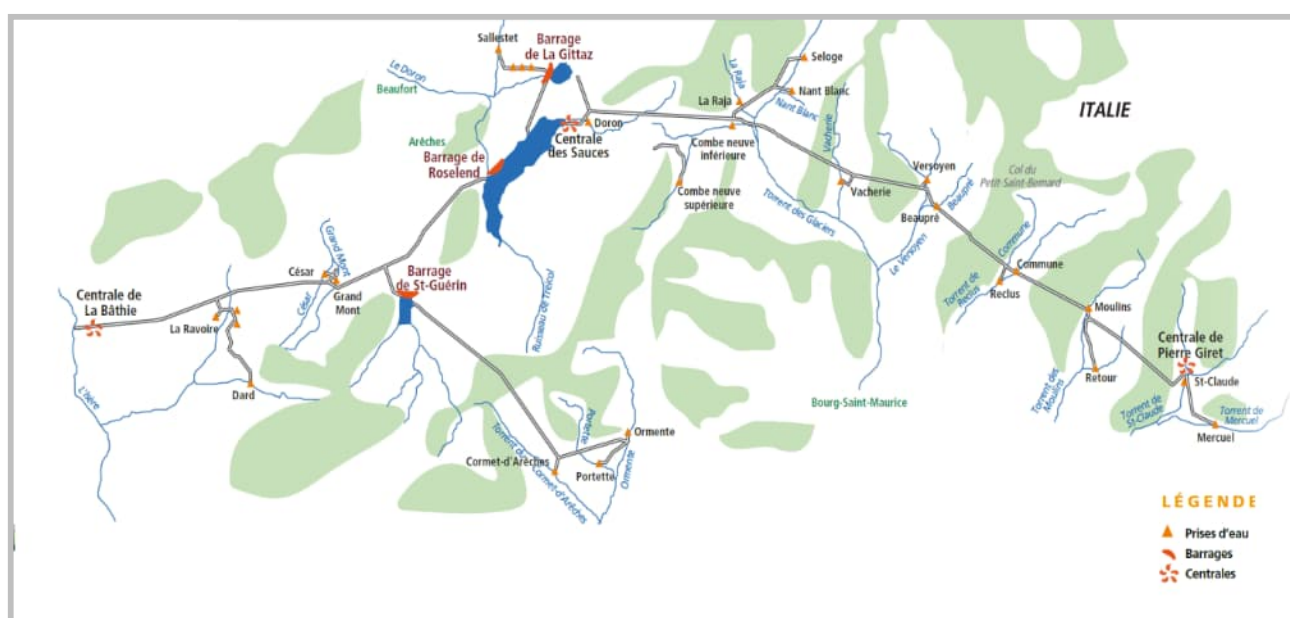
3.1.2. Le système Roselend – La Bâthie

Le bassin versant du projet est fortement impacté par le système de prises d'eau destinées à alimenter l'aménagement EDF de Roselend – La Bâthie.

Débutés en 1955, les travaux de construction du complexe hydroélectrique d'EDF ont duré moins de 10 ans. L'idée de base était de collecter, dans les différentes vallées, la plus grande quantité d'eau possible, de disposer d'un réservoir capable de stocker les eaux de printemps et d'été générées par la fonte des neiges et de produire de l'électricité essentiellement en période de forte demande : les mois d'hiver. La mise en service du complexe de Roselend – La Bâthie intervient en 1961.

L'aménagement, dont les ouvrages les plus emblématiques sont situés dans le Beaufortin, s'étend jusqu'en Haute Tarentaise sur la commune de Sainte Foy. Alimenté par le captage d'une trentaine de torrents, le complexe associe le barrage de Roselend proprement dit et ses deux barrages satellites, La Gittaz et Saint-Guérin. La capacité de retenue totale de ces trois réservoirs, reliés entre eux par un système de galeries, est de 213 millions de m³. L'eau stockée est acheminée jusqu'à la centrale de La Bâthie où elle est turbinée pour produire de l'électricité.

L'aménagement de Roselend – La Bâthie constitue une réserve d'énergie instantanément mobilisable qui participe à l'équilibre du système électrique français. Il s'agit de l'installation la plus puissante des pays de Savoie, après celle de Super-Bissorte en Maurienne.



Carte 1 – Localisation des ouvrages hydrauliques

Les prises d'eau sur le bassin versant du projet

7 prises d'eau du système de Roselend – La Bâthie figurent sur le bassin versant du projet et sont reprises par le tableau à suivre.

PRISE D'EAU	BASSIN VERSANT (KM ²)
Séloge	31,50
Nants Blancs	0,58
Raja	4,00
Combe Neuve Supérieure	6,20
Combe Neuve Inférieure	13,30
Versoyen	15,30
Vacherie	4,40
Beaupré	5,40
Total EDF (hors Combe supérieure)	74,48

Tableau– Bassin versant prises EDF



Photographie 1 – Prise d'eau de la Raja



Photographie 2 – Prise d'eau de la Combe Neuve Inférieure

Les prises d'eau sont à une altitude de ~1 750 m. Il est à noter que la prise d'eau de Combe Neuve Inférieure est en aval de la prise d'eau de Combe Neuve Supérieure. Dans le calcul de la superficie du bassin versant capté, il convient donc de ne pas prendre en compte la superficie captée par la prise de Combe Neuve Supérieure. Au total, la superficie affectée par les captages d'EDF est de 74,5 km², soit 69% du bassin versant au niveau du projet.

3.1.3. Les autres ouvrages en amont

De nombreuses petites sources du bassin versant sont captées et alimentent

- Des chalets d'alpage ou des hameaux. Ces eaux ne sont pas exportées hors du bassin versant.
- Le réseau AEP de la commune de Bourg Saint Maurice.

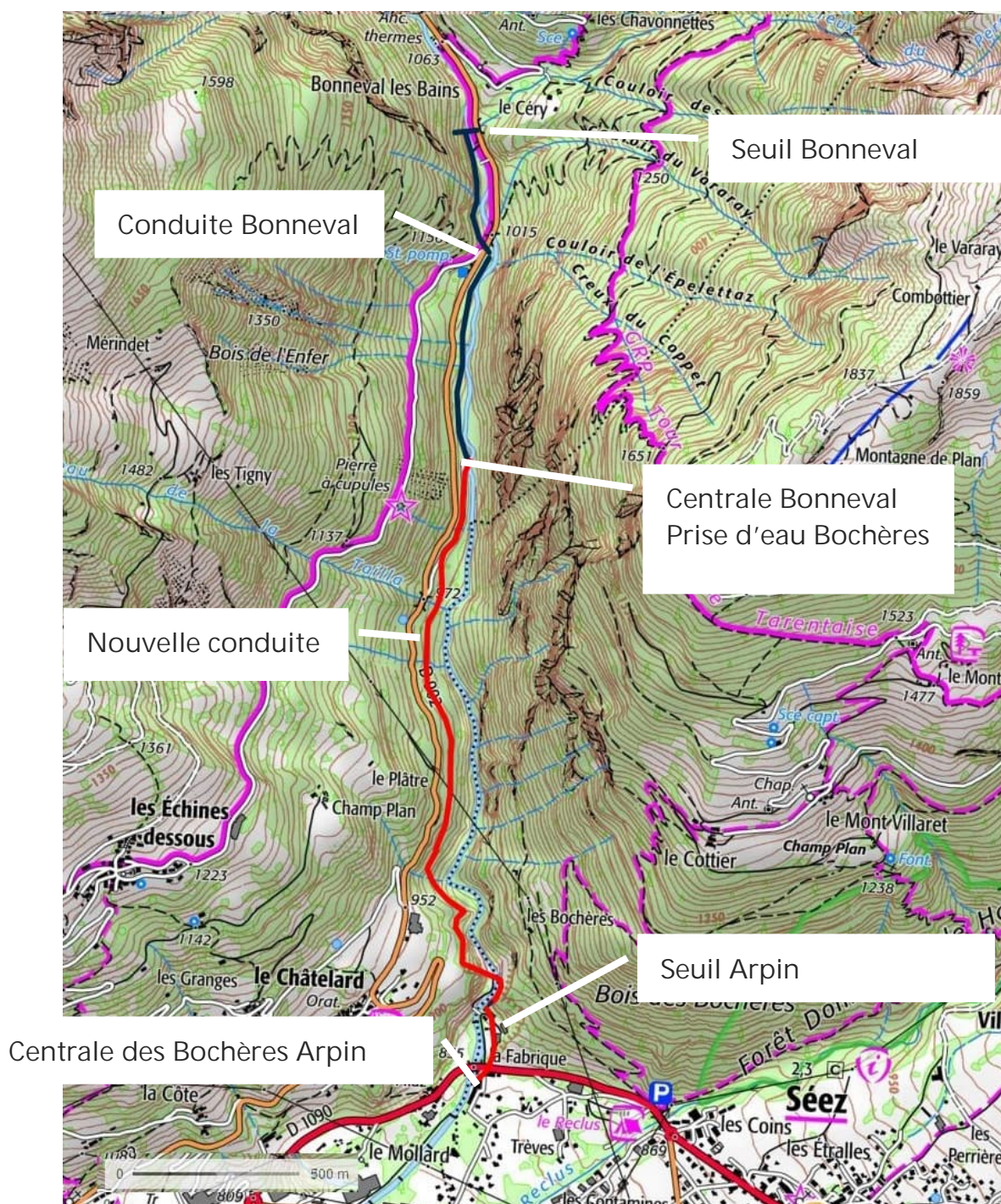
On peut aussi noter l'existence d'une source d'eau thermo minérale à Bonneval-les-Bains. Ces eaux sont captées et acheminées par aqueducs à l'usine d'embouteillage de Séez pour la commercialisation d'eau en bouteille, sous l'appellation « Eau de Bonneval ».

3.2. Les ouvrages hydrauliques en aval

Il n'y a aucun ouvrage hydraulique sur le Versoyen en aval du projet.

4.Projet de centrale des Bochères-Arpin

Il est projeté de capter les eaux dérivées par la centrale de Bonneval, au niveau de la restitution, avant leur réintégration au Versoyen au niveau de la restitution de la centrale Arpin, afin de mieux valoriser le potentiel hydroélectrique du Versoyen.



Carte – Implantation des ouvrages

4.1. La prise d'eau

La prise d'eau sera constituée d'un bassin de mise en charge, à construire entre la centrale de Bonneval et le Versoyen.

La prise d'eau comportera un déversoir latéral pour évacuer les eaux turbinées par la centrale de Bonneval, lorsque la turbine de la centrale des Boières sera arrêtée. Ce déversoir a une largeur de 7,66 m et est à la cote 957,60 m.

Le niveau de l'eau dans la chambre de mise en charge est de 957,40 m NGF. En cas d'arrêt de la centrale des Boières, le niveau peut monter à la cote 957,91 m compte tenu des débits à déverser au niveau du déversoir latéral.

Les caractéristiques de l'orifice sont les suivantes :

- | | |
|---|-----------------------------------|
| • Localisation : | Pied de chambre de mise en charge |
| • Forme : | Circulaire |
| • Diamètre : | 263 mm |
| • Cote axe : | 955,63 m NGF |
| • Débit pour niveau amont de 957,40 m NGF : | 208 l/s |
| • Plans : | Plans 3 et 4 joints |

Le débit dérivé maximum est égal au débit de la centrale de Bonneval diminué du complément du débit réservé, soit 2,18 m³/s.

La chambre de mise en charge comporte une vanne de décharge et une vanne de garde de la conduite forcée.

La vanne de garde de la conduite forcée et une vanne papillon de 1100 mm de diamètre. Cette vanne sert aussi de vanne de survitesse pour couper le circuit de dérivation en cas de rupture de la conduite.

4.2. Conduite forcée

La conduite forcée est implantée en rive droite du Versoyen, jusqu'à l'amont immédiat du seuil Arpin où elle traverse le Versoyen.

Ensuite elle ne quitte plus la rive gauche jusqu'à la centrale Boières-Arpin.

Le tracé a fait l'objet d'une étude de faisabilité géotechnique.

Dans sa première partie, sur une longueur de 210 m, la nouvelle conduite sera enfouie sous le chemin d'accès existant de l'actuelle centrale. Sur ce tronçon, la conduite sera ~5 m au-dessus du niveau amont. La conduite sera en siphon inversé (en dépression).

Il est prévu d'installer un piquage sur la conduite de Bonneval, permettant de remplir ce tronçon et d'amorcer le siphon.

La conduite rejoindra ensuite la courbe de niveau ~950 m. Elle est implantée en rive droite avec

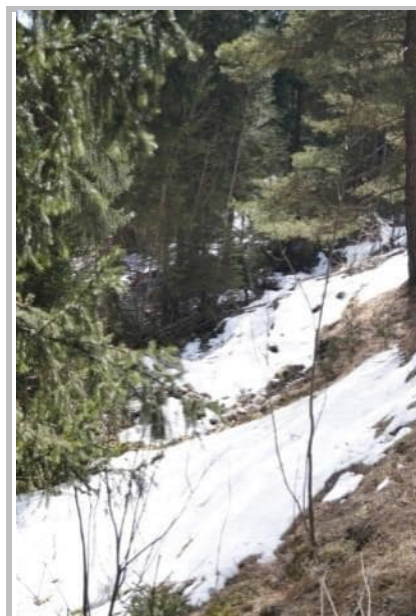
CENTRALE HYDROELECTRIQUE DES BOIERES ARPIN (SAVOIE, 73)

une pente moyenne de $\sim 2,4\%$ sur une longueur de ~ 1250 m

Sur ce tronçon, on notera la traversée du torrent la Tailla. Au niveau de cette traversée, la conduite sera enterrée sous le lit du Torrent.



Photographie 3 – Chemin accès à centrale actuelle



Photographie 4 – Zone implantation conduite à l'aval du chemin



Photographie 5 – Passage du torrent La Tailla

Après la traversée de la Tailla, la conduite traversera une ancienne décharge sauvage, puis rejoindra une zone de prairie à la cote ~ 930 m. La conduite plonge ensuite vers la centrale. Elle traverse une zone de dépôt, avant une traversée du Versoyen en amont immédiat du seuil Arpin et un raccordement à la centrale 430 mètres plus loin.

Au niveau de la traversée sous le Versoyen, la conduite sera enterrée sous le lit du Versoyen et bétonnée pour la protéger.

La conduite longera ensuite la berge gauche du Versoyen jusqu'au seuil Arpin. Au niveau du seuil Arpin, elle sera positionnée dans le canal d'amenée Arpin sur 112 m, puis en lieu et place de la conduite Arpin sur 318 m.

La conduite sera enterrée sur tout son parcours. L'enterrement de la conduite limitera l'impact visuel de la conduite et permettra de la protéger, notamment dans les zones coulées d'avalanches et de chutes de blocs, en particulier dans la zone de la traversée du Versoyen.



Photographie 6 – Traversée ancienne décharge



Photographie 8 – Traversée prairie avant plongée vers la centrale



Photographie 7 – Zone plongée conduite avant traversée Versoyen



Photographie 9 – Traversée Versoyen



Photographie 10 – Seuil Arpin

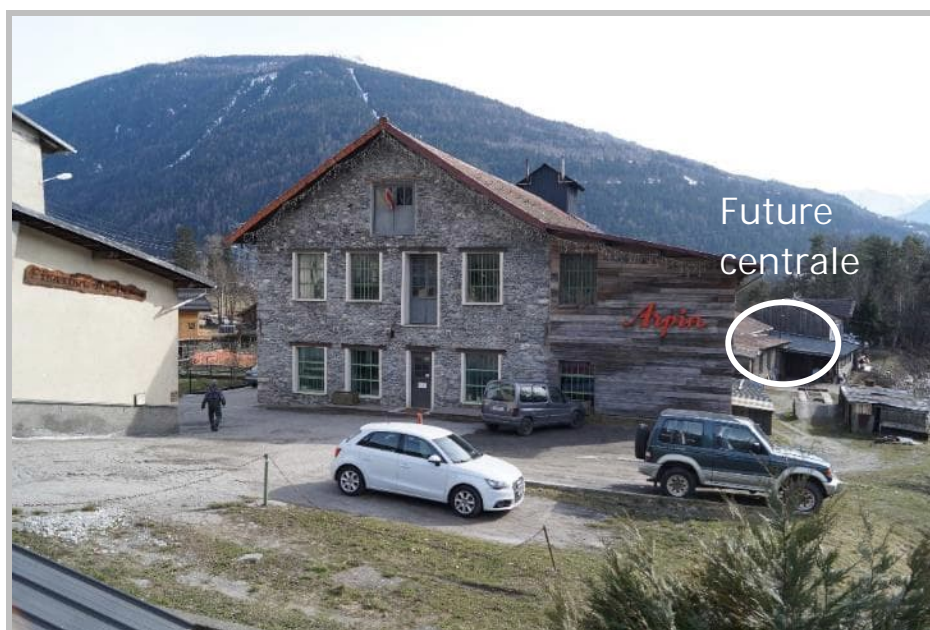


Photographie 11 – Canal d'amenée ARPIN

4.3. Centrale

La future centrale sera située en contre-haut de 2 m environ par rapport au lit du torrent.

La future centrale sera construite au niveau d'un bâtiment à détruire, à proximité de la filature Arpin.



Photographie 12 – Filature Arpin



Photographie 13 - Zone de la future centrale

L'usine sera équipée de 2 turbines Francis à axe horizontal. La puissance totale nette sera de l'ordre de 2172 KW. Des vannes de tête permettront d'isoler chaque turbine(s) pour réaliser les travaux d'entretien. Les turbines entraîneront des alternateurs synchrones.

L'armoire de commande gèrera les mises en route, l'ensemble des sècurités, la règulation du niveau et les télécommandes. Un télé-transmetteur relié à l'automate de l'usine signalera les alarmes au gardien et aux techniciens d'exploitation.

Le raccordement au rèsseau sera rèsalisè sur la ligne de la centrale actuelle après dèfinition du point de livraison par les services techniques du gestionnaire de rèsseau ENEDIS.

La restitution de l'eau turbinée sera situèe immèdiatement au droit de l'usine par un court canal oblique au torrent. Le point de restitution sera celui de la centrale Arpin actuelle.

Sur une annèe moyenne, la production annuelle est de l'ordre de 7 346 MWh.