



Centrale hydroélectrique de la Sarenne

DOSSIER DE DEMANDE DE MODIFICATION
DU CONTRAT DE CONCESSION

PIECE B : NOTICE TECHNIQUE



Projet :	CONCESSION HYDROELECTRIQUE DE LA SARENNE
Titre :	DOSSIER D'EXECUTION DES OUVRAGES PIECE B - NOTICE TECHNIQUE
Code :	C. 01523.001

Ecrit par	BG & CNR	Date :	SEPT 2019
N° tél. :		Email :	

Commentaires :	
-----------------------	--

4					
3					
2	Evolutions du projet prise d'eau et tronçon amont et aval suite à comité d'expert	Septembre 2019	CNR & BG	CNR	CNR
1	Mise à jour suite aux remarques AFB + évolutions du projet au niveau de la prise d'eau et de la galerie aval	Juin 2018	CNR & ARTELIA	CNR	CNR
0	Version mise à jour suite aux évolutions de conception	Janvier 2018	ARTELIA & CNR	CNR	CNR
INDEX	MODIFICATION	DATE	REDACTION	VERIFICATION	APPROBATION

SOMMAIRE

1.	Présentation	6
1.1.	CONTEXTE	6
1.2.	DESCRIPTION GENERALE DU PROJET	6
1.3.	OPTIMISATION DU PROJET	8
1.4.	AUTRES DOSSIERS D'EXECUTION SUR LE PROJET	10
1.5.	COMMUNICATIONS	11
2.	Caractéristiques de l'aménagement	11
2.1.	LE TORRENT DE LA SARENNE	11
2.2.	DEBIT RESERVE A LA PRISE D'EAU	11
2.3.	VOLUME STOCKABLE	11
2.4.	PRELEVEMENT A L'AMONT DU SITE DE LA PRISE D'EAU	11
2.5.	DEBIT DERIVE	11
2.5.1.	DEBIT MAXIMUM DERIVE	11
2.5.2.	DEBIT MOYEN ANNUEL TURBINE	12
2.6.	HAUTEUR DE CHUTE BRUTE EXPLOITABLE	12
2.7.	PUISSANCES CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT	13
2.8.	PRODUCTIBLE DE L'AMENAGEMENT	14
3.	Contexte géologique	14
3.1.	ETUDES DISPONIBLES ET RECONNAISSANCES EFFECTUEES	14
3.2.	CONDITIONS GEOLOGIQUES GENERALES DU SITE	15
3.2.1.	CONTEXTE STRUCTURAL	15
3.2.2.	NATURE GEOLOGIQUES DES TERRAINS	16
3.3.	CONDITIONS GEOLOGIQUES LE LONG DU TRACE	16
4.	Description générale des ouvrages	18
4.1.	PRISE D'EAU	18
4.2.	CHEMIN D'EAU	18
4.3.	CENTRALE	19
4.4.	MONOGRAPHIE	20
5.	Description détaillée des ouvrages	22
5.1.	AMONT : SEUIL, PRISE D'EAU ET PASSE A POISSONS	22
5.1.1.	IMPLANTATION	22
5.1.2.	CARACTERISTIQUES DU SEUIL EN RIVIERE	22

5.1.3. CARACTERISTIQUES DE LA PRISE D'EAU	23
5.1.4. CARACTERISTIQUES DU DESSABLEUR	24
5.1.5. CARACTERISTIQUES DE LA CHAMBRE DE MISE EN CHARGE	24
5.1.6. CARACTERISTIQUES DE LA PASSE A POISSONS	25
5.1.7. PHASAGE DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES AMONT	25
5.2. TRAVAUX SOUTERRAINS : GALERIE AMONT	26
5.2.1. GALERIE AMONT	26
5.2.2. METHODE DE CREUSEMENT DE LA GALERIE	27
5.3. TRAVAUX SOUTERRAINS : RAISE BORING / TRAVAUX EN EXTERIEUR : TRANCHEE	27
5.3.1. IMPLANTATION / DESCRIPTION GENERALE	27
5.3.2. METHODE DE CONSTRUCTION DU RAISE-BORING	27
5.3.3. METHODE DE CONSTRUCTION TRONÇON EN TRANCHEE	27
5.4. CONDUITE FORCEE	28
5.4.1. CADRAGE REGLEMENTAIRE	28
5.4.2. CHOIX DU BLINDAGE ACIER PARTIEL DANS LA GALERIE AMONT	28
5.4.3. DESCRIPTION	29
5.4.3.1. Partie Amont (prise d'eau jusqu'à la plateforme intermédiaire)	29
5.4.3.2. Partie aval (plateforme intermédiaire jusqu'à la centrale)	30
5.5. CENTRALE ET RESTITUTION	30
5.5.1. GENERALE & GENIE CIVIL	30
5.5.2. ÉQUIPEMENTS HYDRO-ELECTROMECHANQUES	32
5.6. ACCES ET VOIRIE	33
6. Prelevements / rejets d'eau	33
6.1. PRELEVEMENT EN EAU DANS LA SARENNE EN PHASE CHANTIER ET REJETS	33
6.2. CONTROLE DE LA QUALITE DES EAUX	35
7. Gestion des matériaux excavés	35
7.1. PRISE D'EAU	36
7.2. GALERIE AMONT	36
7.3. RAISE-BORING ET TRANCHEE	36
7.4. RECAPITULATIF DU DEVENIR DES MATERIAUX EXCEDENTAIRES	37
7.5. PLATEFORME LE LONG DE LA RD211A	37
7.6. DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES CHUTES DE BLOCS	39
8. Analyse de risque en phase chantier	39
8.1. RISQUES AMENES PAR LE CHANTIER	39
8.1.1. PRESENCE D'AMIANTE	39
8.1.2. DEROGATION A L'EXPLOSIF	40
8.1.3. PERTURBATION DE LA CIRCULATION AU NIVEAU DE L'ATTAQUE DE LA GALERIE AMONT	40
8.2. USAGE D'EXPLOSIFS PAR L'ENTREPRISE TITULAIRE	41
8.3. RISQUES NATURELS	41
8.3.1. PLATEFORME DE LA GALERIE AMONT	41

8.3.2. SITE CENTRALE	41
8.3.3. PRISE D'EAU	41
9. Analyse des risques en phase exploitation	42
9.1. RISQUES LIES A UNE RUPTURE DE LA CONDUITE FORCEE	42
9.1.1. REFERENTIEL	42
9.1.2. CAS DE RUPTURE DE CONDUITE ENVISAGE SUR L'AMENAGEMENT DE LA SARENNE ET CONSEQUENCES	43
9.1.3. PARADES IDENTIFIEES	43
9.1.3.1. Vanne de Sécurité et système de detection différentielle	43
9.1.3.2. Porte anti-submersion	43
9.1.4. BILAN	44
9.2. SYNTHESE DES RISQUES LIES A L'AMENAGEMENT	45
9.3. RISQUES LIES A L'ENVIRONNEMENT NATUREL DU PROJET	47
9.3.1. OUVRAGES DE PRISE	47
9.3.2. TETE DE LA GALERIE AMONT	48
9.3.3. OUVRAGES AVAL	48
9.3.1. SEISME	48
10. Exploitation et entretien ultérieur de l'ouvrage	49
10.1. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	49
10.2. ENTRETIEN ULTERIEUR	49
11. Planning de travaux	49
12. Estimation des coûts de travaux	51

Annexe 1 – Cahier de Plans

Annexe 2 – Dispositions relatives à la gestion du risque terrain amiantifère lors des travaux

1. PRESENTATION

1.1. CONTEXTE

Le Préfet de l'Isère a attribué en 2003 à la SAS La Sarenne la concession hydraulique pour l'aménagement et l'exploitation de la chute du torrent de la Sarenne, située sur les communes de BOURG D'OISANS, HUEZ et LA GARDE. Puis le 22 Juillet 2014, un arrêté préfectoral approuvait la convention et le cahier des charges de la concession attribuée.

La force hydraulique de la Sarenne a été utilisée depuis plusieurs siècles, suivant les évolutions technologiques et les besoins en énergie, avec un moulin fondé en titre puis une usine hydroélectrique exploitée sous le régime de l'autorisation (1975).

CN'Air, filiale à 100% de CNR, a fait l'acquisition en août 2015 de la « SAS La Sarenne ».

Les travaux de construction des ouvrages prévus au titre du cahier des charges de la concession font l'objet du présent dossier d'exécution.

La concession accordée à la SAS la Sarenne permettra de valoriser le potentiel énergétique du torrent en remontant la prise d'eau significativement par rapport à l'aménagement précédent, portant la hauteur de chute de 117 mètres à 735 m mètres, et le débit nominal d'équipement de 385 l/s à 1,8 m³/s. L'aménagement hydroélectrique existant, datant de 1975, est hors service et remplacé dans le cadre de la concession attribuée.

1.2. DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

L'aménagement hydroélectrique projeté est implanté dans le département de l'Isère sur le torrent de la Sarenne, affluent de rive droite de la Romanche dans laquelle il se jette à hauteur du chef-lieu de Bourg-d'Oisans.

Trois communes sont concernées : Le Bourg-d'Oisans (emplacement de l'usine hydroélectrique), La Garde / Huez (chemin d'eau), Huez / La Garde (prise d'eau)

Les principales caractéristiques de l'aménagement hydroélectrique projeté sont :

- Hauteur de chute maximale : **735 m**
- Débit d'équipement : **1.8 m³/s**
- Puissance équipée maximale : **10,82 MW**

L'aménagement est composé des ouvrages suivants :

- **Un barrage-prise d'eau** sur la commune de Huez placé légèrement en aval de la confluence entre le torrent de La Sarenne et celui du Rif Brillant. Cet ouvrage comprend essentiellement un barrage en rivi ère, une prise d'eau en rivière du type "par en dessous" équipée d'une grille de type Coanda, un système de passe à poissons et un dessableur.
- **Un premier tronçon du circuit d'amenée en charge** d'une longueur d'environ 2440 ml alimenté à partir du dessableur précédent comprenant un premier linéaire en galerie cylindrique en charge d'un

diamètre d'environ 3,50 m et d'une longueur d'environ 1042 ml puis un second tronçon en conduite forcée en acier de diamètre intérieur de 900 qui se termine à la plateforme intermédiaire, au niveau du pont de Sarenne.

- **Un deuxième tronçon du circuit d'amenée en charge** sur un linéaire d'environ 1230 ml composé d'une conduite forcée enterrée, en puits et en galerie, qui se termine dans la centrale hydroélectrique de La Sarenne par un répartiteur à deux branches. Le circuit d'amenée se développe sur les trois communes de Bourg d'Oisans, La Garde et Huez.
- **Une centrale de production hydroélectrique.** Cette centrale est installée à proximité immédiate du torrent de La Sarenne en rive droite au lieu-dit La Tannerie sur la commune de Bourg d'Oisans. La centrale restitue les eaux turbinées directement dans le torrent de La Sarenne par un canal de fuite. La centrale est équipée de deux groupes Pelton identiques installés à axe horizontal composés chacun d'une turbine Pelton y compris sa vanne de garde de type vanne sphérique et d'un alternateur accouplé à la turbine.
- **Un bâtiment pour le poste électrique "moyenne tension"** attenant à la centrale précédente permet d'évacuer l'énergie électrique produite par la centrale sur le Réseau Public de Distribution (RPD) géré par la société ENEDIS.

L'aménagement fonctionne en mode automatique au fil de l'eau en asservissement de la puissance au niveau dans le dessableur du barrage-prise d'eau qui tiendra lieu ainsi de chambre de mise en charge.

Le nouvel aménagement hydroélectrique se substituera aux installations existantes qui seront entièrement démolies : démantèlement de l'usine hydroélectrique de 1975, de la conduite forcée aérienne actuelles, avec évacuation des matériaux dans une filière contrôlée de recyclage ou décharge contrôlée.

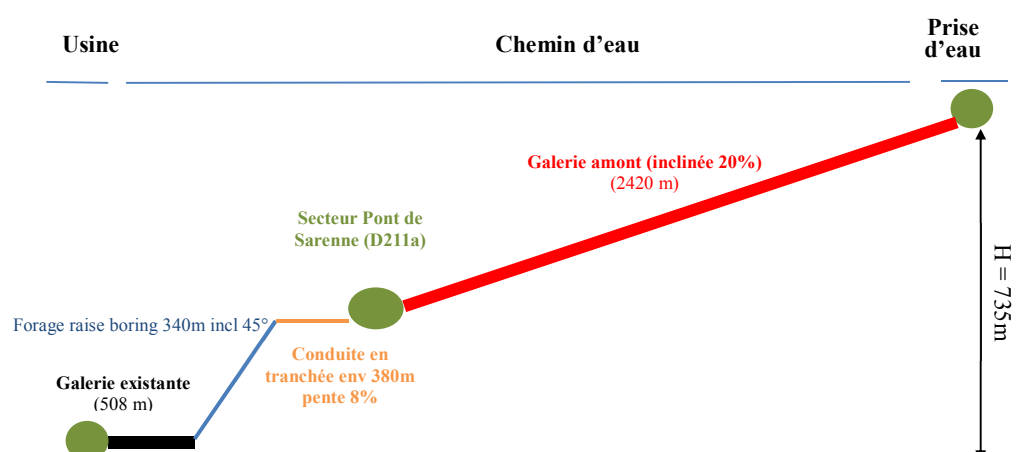


Fig. 1. Schéma de principe du projet (profil en long)

Le plan ci-après donne une vue en plan générale du projet hydroélectrique et des travaux objets du présent dossier.

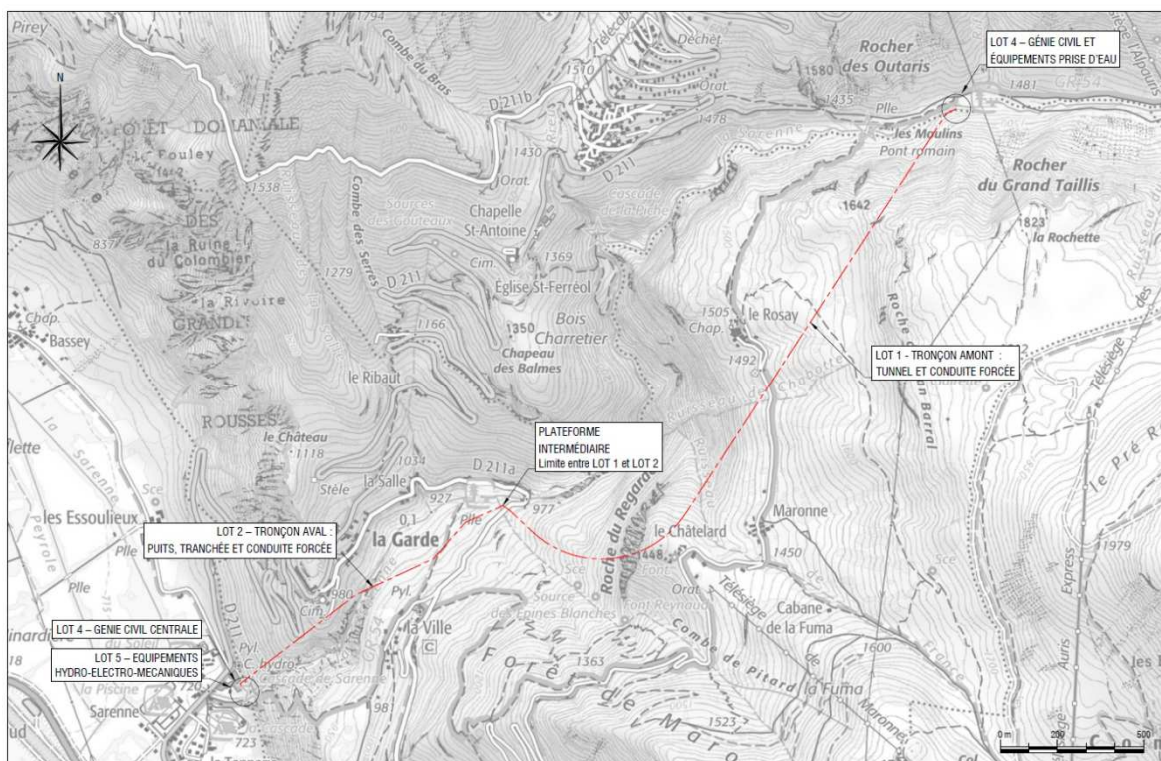


Fig. 2. Vue en plan du projet hydroélectrique de Sarenne et des travaux objets du présent dossier

1.3. OPTIMISATION DU PROJET

Le projet initialement retenu dans le cadre du cahier des charges de la concession, approuvé le 22 juillet 2014, prévoyait un chemin d'eau souterrain décomposé en trois galeries subhorizontales successives, reliées entre elles par deux puits verticaux.

L'acquisition de données complémentaires, permettant de mieux caractériser les fortes contraintes techniques du secteur (sondages géotechniques, analyses géochimiques, ...), a conduit le concessionnaire à envisager différentes adaptations au projet initialement approuvé, tout en **respectant les caractéristiques principales de l'aménagement définies dans le cahier des charges**.

A ce jour, dans l'historique de la concession de la Sarenne, quatre versions d'aménagement ont été étudiées de façon détaillée :

- 1) **Projet initial** approuvé dans le Cahier des charges de la concession en juillet 2014 ;
- 2) **DEO déposé en sept. 2015** (abandonné) ;
- 3) **Mise à jour du DEO déposé en janvier 2018** (autorisé par arrêté préfectoral le 18 février 2019
- 4) **Projet retenu suite à optimisation** technique et financière, qui sera déposé en septembre 2019

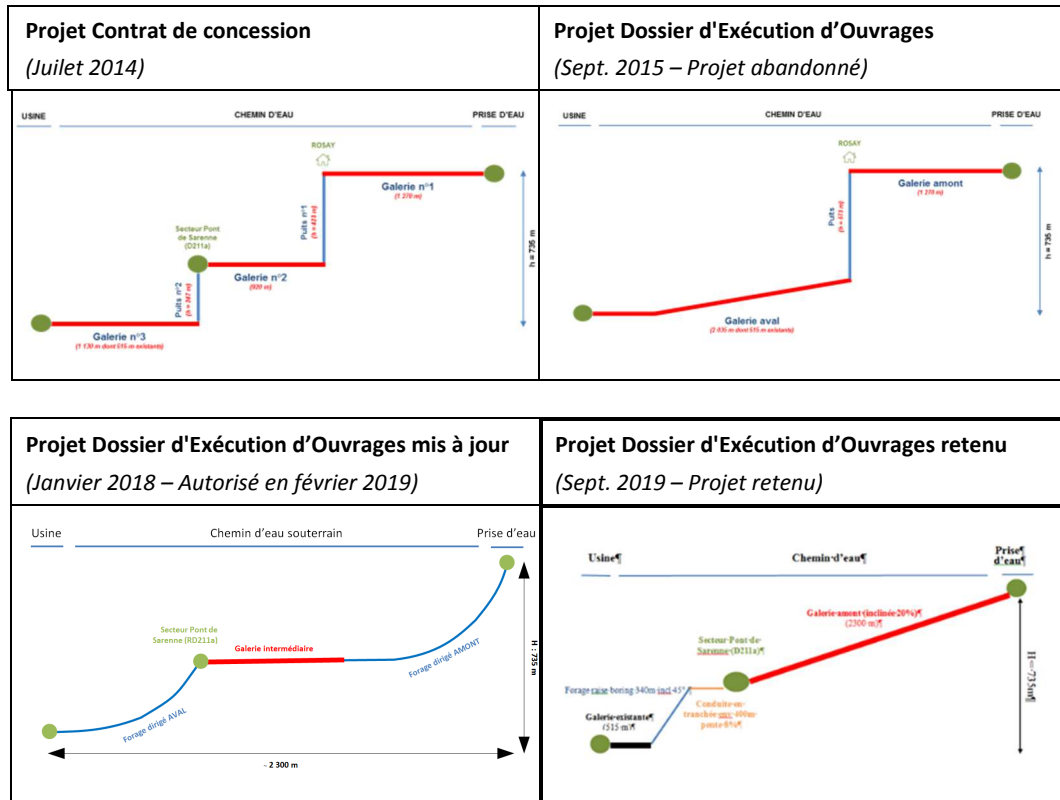


Fig. 1. Schémas de principe des principaux des 4 projets étudiés et du projet retenu en septembre 2019

→ Les différences fondamentales entre ces quatre projets résident essentiellement dans le tracé et les modalités de creusement du chemin d'eau souterrain, ainsi qu'une simplification des ouvrages de prise d'eau.

Les modifications apportées par le projet de septembre 2019 concernent :

- la simplification des ouvrages de prise d'eau (de type coanda au lieu d'un barrage vanné)
- le chemin d'eau du tronçon amont : galerie sur un linéaire de 2300m au lieu d'une galerie intermédiaire de 965m avec une caverne et un forage dirigé amont
- le chemin d'eau du tronçon aval : galerie existante sur 515m, puis raise-boring incliné sur 340m et enfin tronçon de conduite enterrée d'environ 400m (en lieu en place d'un forage dirigé aval de 1145m).

Ces modifications constructives et de chantier n'affectent pas les grandes caractéristiques de la concession : débits, hauteur de chute, principes généraux, etc.

Conformément à l'article 16 du cahier des charges de la concession, approuvé par l'arrêté préfectoral n°2014203-0039 du 22 juillet 2014, les adaptations envisagées n'auront pas pour effet « de modifier les cours d'eau captés, les cotes de prise et de restitution, les communes territorialement concernées, de compromettre la sécurité des ouvrages, des biens et des personnes, d'augmenter le débit emprunté ».

L'optimisation du projet retenu, par rapport au projet initial décrit dans le cahier des charges de la concession, est liée à :

- Un niveau de conception du projet beaucoup plus précis, appuyé sur une ingénierie détaillée et des consultations / chiffrages de différentes entreprises spécialisées, ayant permis de définir les

emprises réellement nécessaires aux travaux et au positionnement des ouvrages (usine, prise d'eau, plateformes de travaux nécessaires à la logistique de chantier...).

- Une meilleure **connaissance des risques et contraintes géotechniques**, suite aux campagnes complémentaires menées entre 2015 et 2017, qui ont fait ressortir la nécessité de révision du chemin d'eau souterrain, tant du point de vue du tracé que des modalités d'exécution, notamment en raison des **risques de désordres géologiques** et à la **présence de roches amiantifères** sur une partie du linéaire du chemin d'eau souterrain.
- Une logique **d'évitement ou de minimisation des nuisances induites par les travaux**, vis-à-vis du milieu naturel, des activités humaines et des riverains.

Le projet retenu, présenté au titre du présent dossier d'exécution des ouvrages, apparaît comme le plus pertinent par rapport aux contraintes géologiques, aux enjeux technico-économiques, humains (trafic routier, nuisances sonores et visuelles, risque pour les populations, risque technique de réalisation...) et aux enjeux écologiques.

1.4. AUTRES DOSSIERS D'EXECUTION SUR LE PROJET

Le cahier des charges de concession fixait l'obligation d'un dépôt de Dossier d'Exécution des Ouvrages (DEO) au plus tard en septembre 2015. Un DEO a été déposé le 25 sept. 2015.

→ Sur la forme, le présent dossier constitue une mise à jour du DEO déposé en septembre 2015.

Parallèlement, **5 Dossiers d'Exécution de Travaux** ont été déposés pour des reconnaissances géotechniques afin d'optimiser le tracé du projet, mais également pour optimiser son planning de mise en service compte tenu du délai maximal fixé par le cahier des charges de concession (démolition de l'ancienne usine de 1975, confortement de falaise, préparation de plateformes...).

Dossiers d'exécution	Dépôt dossier	Autorisation préfectorale	Travaux
Dossier d'Exécution d'Ouvrages (Projet abandonné)	25/09/2015		
Dossier d'Exécution de Travaux n°1 : « Démolition de l'ancienne usine hydroélectrique et travaux de sécurisation »	Fév. 2016	7/03/2016	Réalisés en 2016
Dossier d'Exécution de Travaux n°2 : « Reconnaissances géotechniques – Campagne aval - Sondages horizontaux »	Janv. 2017	14/03/2017	Réalisés en mars 2017
Dossier d'Exécution de Travaux n°3 « Reconnaissances géotechniques – Campagne aval - Sondages sur la piste »	Janv. 2017		
Dossier d'Exécution de Travaux n°4 « Reconnaissances géotechniques – Campagne amont - Sondages profonds »	Avril 2017	28/08/2017	Réalisés à l'automne 2017
Dossier d'Exécution de Travaux n°5 « Travaux préparatoires »	Oct. 2017	15/03/2018	Réalisés d'août 2018 à mai 2019

Tabl. 1 - Synthèse des dossiers d'exécution déposés

1.5. COMMUNICATIONS

Une communication avec les différentes parties prenantes sera assurée pour toute la préparation du chantier et pendant les travaux, elle sera organisée selon les besoins qui seront exprimés (communes, Département...). S'agissant de la commune de La Garde, principale commune concernée par les travaux de l'aménagement, une commission est d'ores et déjà constituée et fait le lien entre les habitants et le concessionnaire.

2. CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT

2.1. LE TORRENT DE LA SARENNE

La superficie du bassin versant de la Sarenne au droit de la prise d'eau est de 27.85 km².

Le module de la rivière à la prise d'eau est estimé à 1 080 l/s.

2.2. DEBIT RESERVE A LA PRISE D'EAU

Le débit réservé proposé correspond à 11% du module interannuel calculé pour le torrent de la Sarenne à la nouvelle prise d'eau (1,08 m³/s). Le débit réservé sera donc de 120 l/s.

2.3. VOLUME STOCKABLE

La centrale turbine au « fil de l'eau » et fonctionne en respectant la transparence hydraulique et sédimentaire au niveau des ouvrages de prise d'eau. Une retenue de faible capacité sera créée lors de la construction des ouvrages, son volume est estimé à environ **500 m³**. Pour éviter l'engravement de la retenue par les apports solides en crue, le seuil de retenue servira d'ouvrage de chasse et d'évacuation de crue.

2.4. PRELEVEMENT A L'AMONT DU SITE DE LA PRISE D'EAU

Selon l'accord intervenu entre la SAS La Sarenne et la commune de Freney-d'Oisans, des prélèvements d'eau dans la Sarenne seront réalisés en amont du projet pour les besoins du remplissage du bassin de l'Herpie, destiné à alimenter le réseau de neige de culture de la station de l'Alpe-d'Huez. Selon la convention de la commune du Freney d'Oisans signée avec la SAS Sarenne le 24 mai 2012, « *le volume maximum de nouveaux prélèvements autorisés par l'Etat ne peut pas dépasser la valeur de 200 000 m³/an au-delà des autorisations déjà délivrées* ».

La convention précise en outre que « *la bonne gestion s'entend comme la recherche d'un remplissage de la retenue concentré au mieux sur la période où le débit de la Sarenne à la prise d'eau hydroélectrique est supérieur à une valeur égale à la somme du débit d'équipement et du débit réservé de la concession de la Sarenne* ».

2.5. DEBIT DERIVE

2.5.1. Débit maximum dérivé

Conformément au Cahier des Charges de la Concession, la valeur de prélèvement maximum autorisé et de 1 800 l/s (1,8m³/s).

2.5.2. Débit moyen annuel turbiné

Le débit moyen annuel dérivé et donc turbiné a été estimé dans les études à 0,69 m³/s.

La visualisation des différents débits caractérisant le projet de production hydroélectrique est présentée sur le graphique ci-dessous sur la base d'une année type.

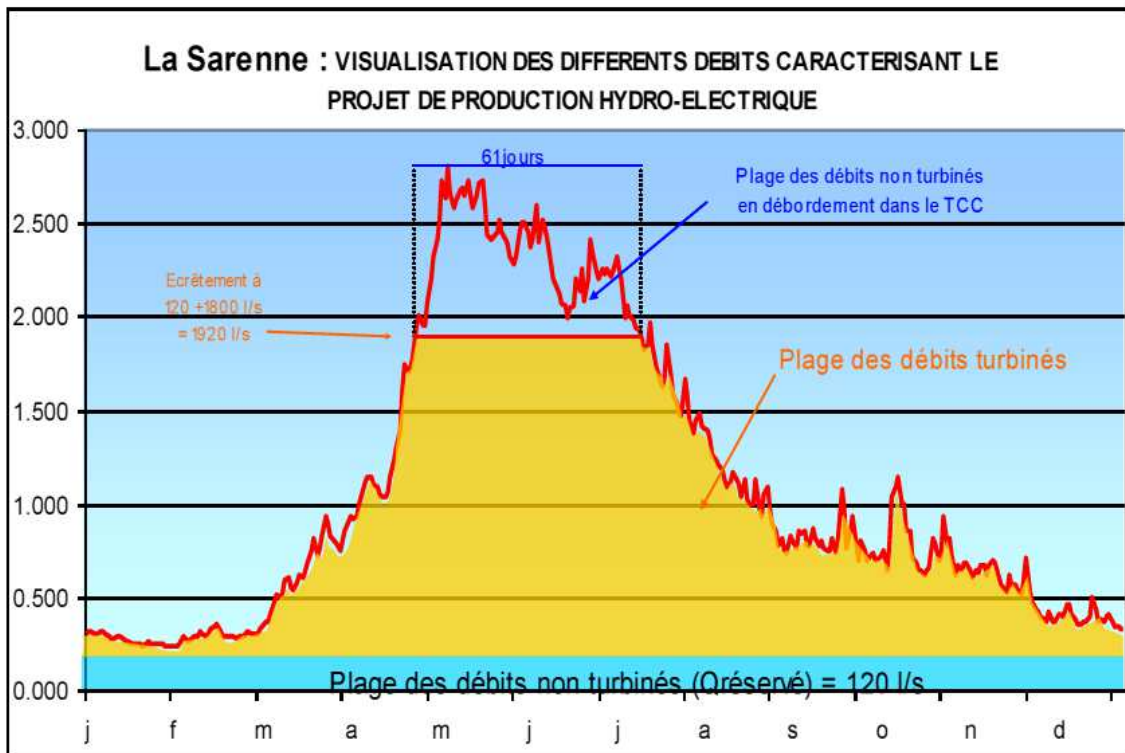


Fig. 2. Visualisation des différents débits caractérisant le projet de production

TCC : Tronçon court circuité

2.6. HAUTEUR DE CHUTE BRUTE EXPLOITABLE

La prise d'eau comporte un barrage de type seuil transversal dans le lit du torrent de la Sarenne. Les eaux sont dérivées en rive gauche du cours d'eau dans un ouvrage de prise d'eau à construire.

Conformément au cahier des charges :

La côte de retenue normale en amont du seuil de la prise d'eau sera à la cote +1 455,35 m NGF.

La restitution se situe vers la cote 722 m NGF.

La hauteur de chute brute (H_b) est donc de : $H_b = 1\,455,35 - 722 = 733,35$ mètres.¹

¹ NOTA : Le cahier des charges de la concession indique « une hauteur de chute brute d'environ 735 mètres. Cette valeur est issue de la soustraction entre cote de retenue normale à la prise d'eau et la cote de restitution estimée dans le cahier des charges de la concession vers +721m NGF. Compte tenu que les groupes Pelton sont des groupes de type « à action », à comparer aux groupes « à réaction »

Cependant, la centrale sera équipée de groupes hydroélectriques Pelton dont l'axe est prévu vers la cote + 726,70 m NGF.

De ce fait, la hauteur de chute brute exploitable est : $H_{be} = 1\,455,35 - 726,70 = 728,65$ m.

2.7. PUISSANCES CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT

1.1.1. Puissance Maximale Brute

La Puissance Maximale Brute (PMB) hydraulique, est calculée à partir du débit nominal et de la hauteur de chute brute telle que décrit au Cahier des Charges. La Puissance Maximale Brute est donc proposée comme suit :

$$PMB = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_b$$

ρ : masse volumique de l'eau = 1 g/cm³

g : accélération de la pesanteur = 9,81 m/s²

Q : débit d'équipement = 1,8 m³/s

H_b : hauteur de chute brute = 733,35 m

D'où : **PMB = 12 949 kW**

1.1.2. Puissance Maximale Disponible

La Puissance Maximale Disponible (PMD) intègre les pertes de charge et de rendements des différents équipements de production. Cette puissance est celle qui pourra être délivrée au réseau en période de pointe de la production.

$$PMD = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n$$

Avec :

ρ : masse volumique de l'eau = 1 g/cm³

g : accélération de la pesanteur = 9,81 m/s²

Q : débit d'équipement = 1,8 m³/s

η : rendement des machines au débit nominal d'équipement. C'est le produit des rendements de chaque équipement : turbine et alternateur. Les valeurs retenues (données constructeurs) sont au débit nominal : $\eta_{\text{turb}} = 0,9 / \eta_{\text{alt}} = 0,97$: **$\eta = 0,873$**

H_n : Hauteur de chute nette = Hauteur de chute brute exploitable H_{be} – pertes de charge, avec :

$$H_{be} = 1455,35 - 726,70 = 728,65 \text{ m}$$

pertes de charges calculées au débit d'équipement : 26.94 m.

soit $H_n = 701,71$ m

La puissance maximale disponible aux bornes des alternateurs est donc : **PMD = 10 817 kW**

de type Francis, Kaplan, etc, la côte de restitution ne constitue pas un niveau exploitable par l'aménagement hydroélectrique (pas d'aspirateur en sortie de machine) et à ce titre, la hauteur de chute exploitable considérée ici est calculée avec la valeur de la côte de l'axe turbine.

2.8. PRODUCTIBLE DE L'AMENAGEMENT

Le productible moyen annuel est estimé à 35 600 GWh, intégrant les périodes d'arrêt, les pertes de charge du chemin hydraulique, un historique de débits classés basés sur une moyenne horaire et le rendement des équipements électromécaniques.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

3.1. ETUDES DISPONIBLES ET RECONNAISSANCES EFFECTUEES

Les études disponibles et reconnaissances effectuées sont :

Etudes G11 et G2 réalisées par le bureau SAGE pour l'Aménagement Hydroélectrique de la Sarenne :

Etude de faisabilité géologique et géotechnique G11, SAGE, 2004

Mission géotechnique de type G2 - Site de la prise d'eau, SAGE, décembre 2015

Mission géotechnique de type G2 - Site du puits, SAGE, décembre 2015

Mission géotechnique de type G2 – Ouvrages souterrains, SAGE, décembre 2015

Galerie existante – rapport d'essais complémentaires, SAGE, mai 2017

Zone Amont - Mission géophysique relative aux Ouvrages souterrains, SAGE, Septembre 2017 – RP. 6878

Zone Aval - Mission géophysique relative aux Ouvrages souterrains, SAGE, Septembre 2017 – RP. 6878

Etudes de repérage d'amiante A1 et A2 réalisées par le bureau SAGE pour l'Aménagement Hydroélectrique de la Sarenne (décembre 2015)

Etude hydrogéologique EAUCEA 2009

Recherche de fractures par méthode VLF sur la commune de la Garde, Rapport N17-38075A par la société CALLIGEE, juillet 2017

Compte-rendu d'investigations géotechniques de la campagne de sondages destructifs et carottés - Reconnaissances géotechniques et hydrogéologiques, GEOTEC, Octobre 2017

La carte géologique à 1/50 000 du BRGM et notice associée, (n°797 - feuille Vizille 1972) constitue la source de base : relativement ancienne, elle renseigne de manière très générale sur la lithologie des formations rencontrées mais reste imprécise sur les structures géologiques réelles, notamment les failles et fractures N160°.

Les cartes des levés des points d'affleurements et des mesures structurales ont été établies par la société SAGE, sur la base de visites de terrain entre septembre à Novembre 2015.

Les reconnaissances géotechniques de 2015 par sondages ont été réalisées par la société KEANA en sous-traitance de SAGE pour les forages, et par l'entreprise GRAVIER en sous-traitance de SAGE pour les pelles mécaniques, avec notamment :

1 sondage carotté dans l'axe du puits intermédiaire prévu, profondeur 80ml environ,

1 sondage carotté subhorizontal dans l'axe de la galerie amont (coté puits) mené sur 30ml,

1 sondage carotté subhorizontal dans l'axe de la galerie amont coté prise d'eau, mené sur 30 ml.

Les reconnaissances géotechniques de 2017 ont été réalisées par l'entreprise GEOTEC, avec notamment :

1 sondage carotté subhorizontal dans l'axe tangent de la galerie intermédiaire mené sur 180ml,

1 sondage carotté incliné dans l'axe du forage dirigé aval mené sur 250 ml,

1 sondage carotté vertical à la sortie du forage dirigé aval mené sur 50 ml.

Forages SD1, SD3, SD4 & SD5 : 4 forages destructifs verticaux de 10 à 15 m de profondeur, avec essais pressiométriques au droit de la plateforme de travaux extérieur de la galerie intermédiaire ;

Forages SD6 & SD7 : 2 forages destructifs verticaux de 5 et 6,60 m de profondeurs le long de la RD211a,

Forages SU1 à SU4 : 4 forages destructifs verticaux de 4,80 à 20 m de profondeur, avec essais pressiométriques dans le secteur de l'usine à environ +725 m NGF.

Forages S2B5, SDP1 à SDP7 : 1 forage carotté au droit de la sortie du tunnelier et 7 sondages pressiométriques à la prise d'eau.

Sondage Carotté S1B1 de 50 m au droit de la tête du futur puits, réalisé par l'entreprise Geotec en juin 2019

Sondages destructifs SD8 à SD11 réalisés en juillet 2019 par l'entreprise Geotec sur la piste d'accès au site de dépôt et à la future tête de puits.

3.2. CONDITIONS GEOLOGIQUES GENERALES DU SITE

3.2.1. Contexte structural

Le secteur étudié appartient au massif cristallin des Grandes Rousses qui correspond à un ensemble de blocs basculés suite à l'extension par grabens des terrains du socle et du Trias à partir de la période Hettangienne (contexte extensif entre la phase orogénique hercynienne et la phase orogénique alpine). Le socle est caractérisé par une roche de type gneiss issue du métamorphisme hercynien, qui est à l'origine de la foliation et la schistosité encore visible dans la roche.

L'itinéraire du chemin d'eau recoupe les gorges de la Sarenne lesquelles entaillent le cristallin, surmonté par discordance de petites falaises dolomitiques du Trias.

Sur le terrain, des différences lithologiques sur le protolithe de base (anté-métamorphisme hercynien) sont observées:

- une prédominance du faciès gneiss essentiellement quartzo-feldspathiques (à passées leptynite tirant sur l'aplite) dans la partie basse des gorges (la proportion de roches volcaniques étant probablement moins développés à l'origine),
- un faciès gneiss à passées d'amphibolites avec une structure plus finement foliée et plus schisteuse sur les gorges hautes de la Sarenne (la proportion de roches volcaniques étant probablement plus importante),

A cette différence lithologique primaire se surimpose un gradient de métamorphisme croissant d'Est en Ouest :

- côté Est : rochers du Grand taillis : faciès schistes verts/prehnite.
- côté Ouest : faciès schistes verts peu métamorphique (avec début d'anatexie dans les gorges basses de la Sarenne).

3.2.2. Nature géologiques des terrains

La région se caractérise par une relative grande variété des terrains où dominent toutefois le long du tracé les gneiss migmatitiques et les amphibolites du socle.

Les terrains du substratum rencontrés sont, du plus ancien au plus récent :

- **Les gneiss migmatitiques** à bandes alternées claires et sombres, riches en chlorite/biotite et feldspath plagioclases (gneiss rubanés) du socle hercynien entrelardé de filons granitiques et aplitiques coté galerie aval (Gneiss de l'Oisans) lesquels passent peu à peu vers le haut à des **chlorito-gneiss verts ou noirs** (attribués au groupe d'Huez) litées ou massifs, à foliation resserrée et schistosité plus marquée. Des inclusions de faciès de monzonite, en partie médiane du projet du moins, peuvent être rencontrées.
- **Les formations du Trias** (*t1*) lesquelles reposent en discordance sur le socle hercynien. Celles-ci sont peu à moyennement épaisses, de l'ordre de 5 à 25 m et sont représentées par des brèches, arkoses, des calcaires dolomitiques à patine rousse ou roche carbonatée très dur à patine grise. Elles affleurent au niveau de la plateforme de la galerie intermédiaire.

Les formations carbonatées du Trias affleurent de manière pelliculaire sur le tracé de l'ensemble du projet.

3.3. CONDITIONS GEOLOGIQUES LE LONG DU TRACE

Le tracé retenu permet d'éviter la rive droite où sont attendus les accidents tectoniques liés à la conjonction de la faille de La Garde et des accidents N-S associés, zone où se trouve une ancienne mine de talc.

Des minéralisations (quartz), et des zones broyées cimentées ou non avec venues d'eau sont possibles au niveau de ces contacts majeurs.

Au niveau de la jonction des deux tronçons du chemin d'eau (secteur pont de La Garde), les terrains de couverture carbonatés, très durs, seront excavés lors de l'aménagement de la plateforme d'attaque de la galerie amont. Cette dernière traversera le socle gneissique, d'abord sous un faciès monzonitique, puis rencontrera probablement la zone de contact anormal (faille de La Garde et réplique) logiquement dans des conditions plus favorables qu'en rive droite, du fait d'une forte couverture et de la probable terminaison de cet accident coté rive gauche. Les conditions d'altération et de fracturation liées à la faille sont donc beaucoup plus favorables.

Dans ce contexte, le profil en long du chemin d'eau est le suivant : tronçon aval en raise-boring et tranchée ; tronçon amont : une galerie amont inclinée.

D'après l'étude de faisabilité géologique et géotechnique des galeries et puits réalisée par SAGE en 2004, et les résultats des investigations géologiques, géotechniques et géophysiques réalisées en 2017, les conditions géologiques rencontrées le long du tracé sont rappelées ci-dessous. On remarque notamment cinq zones de failles au niveau de la galerie amont.

- **Raise-boring aval :**
 - Formations triasiques massives sur une vingtaine de mètres, puis Gneiss migmatitique : Linéaire: 340 m. Foliation: So N135, 60° NE. Fracturation : F N260, 50° SE.
- **Galerie amont :**
 - Monzonite puis gneiss ou chloritogneiss, foliation inclinée de 50 à 60° vers le NE. Linéaire 965 m ;
 - Zone de terminaison de deux accidents géologiques (faille de la Garde et sa réplique) vers 500 m et 300 m respectivement, à pendage entre 50° et 70° vers le NE. Des venues d'eau sont possibles.
 - Chloritogneiss, foliation inclinée de 50 à 60° vers le NE. Linéaire 1338 m jusqu'à la prise d'eau ;

Le tracé est représenté sur la carte géologique ci-dessous (rappelé au dossier de plan).

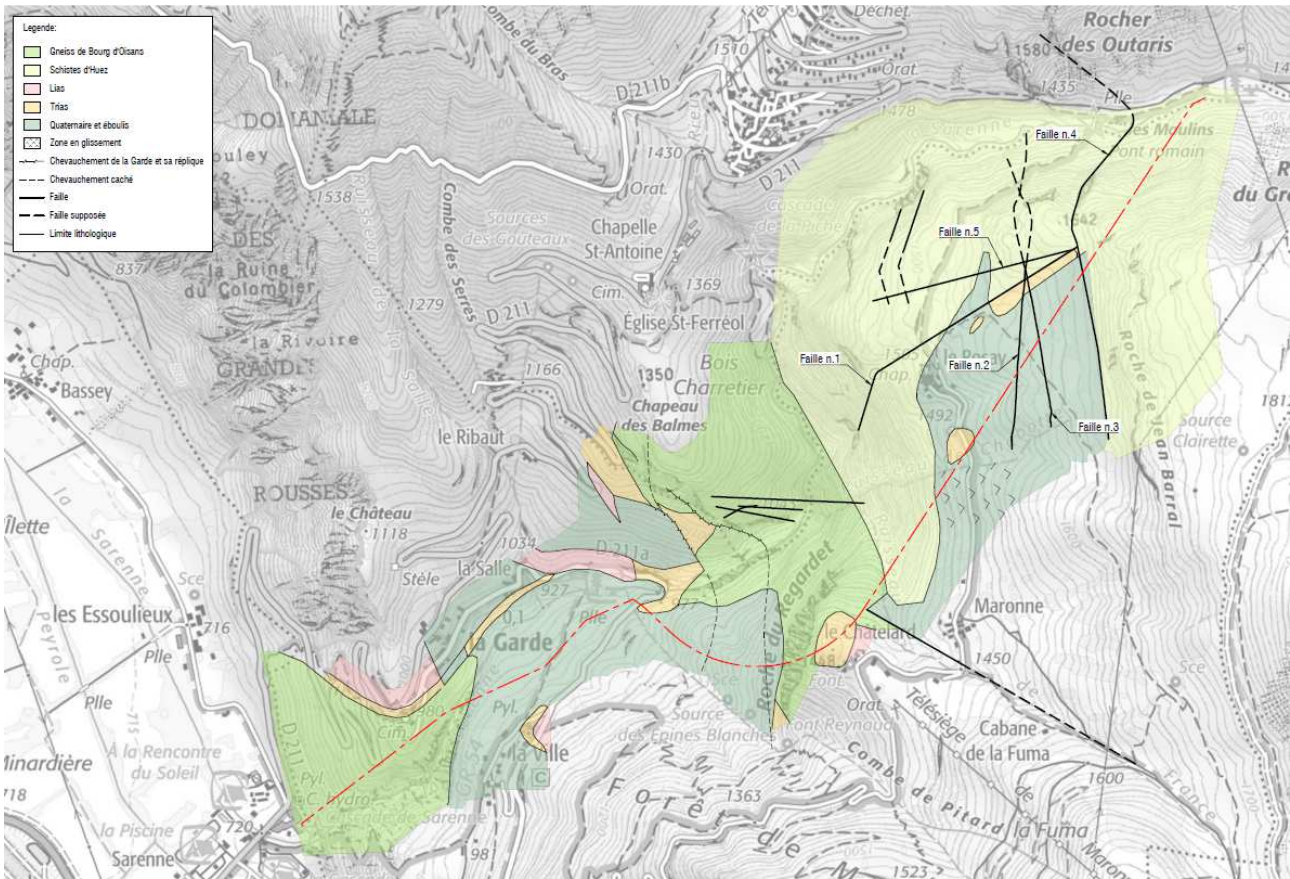


Fig. 3. Carte géologique avec implantation du tracé du chemin d'eau de l'aménagement

Plusieurs failles visibles en surface ou lors des reconnaissances pourraient être rencontrées lors du creusement de la galerie amont. La coupe ci-dessous les positionne approximativement sur le profil en long.

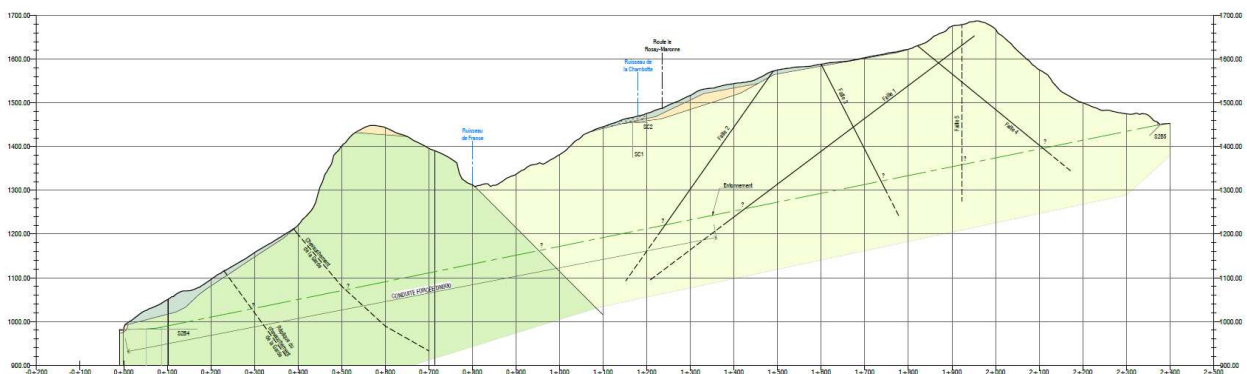


Fig. 4. Coupe géologique de la galerie amont

4. DESCRIPTION GENERALE DES OUVRAGES

L'aménagement est composé d'une prise d'eau, d'un chemin d'eau et d'une centrale hydroélectrique.

Cf. Dossier de plans annexé.

4.1. PRISE D'EAU

Le site de la prise d'eau est équipé de :

- Une prise d'eau par-en-dessous équipée d'une grille de type coanda.
- Une passe à poisson pour la montaison; ainsi qu'une passe à graviers permettant le transit des matériaux devant la sortie de la prise d'eau
- Un dessableur et une chambre de mise en charge.

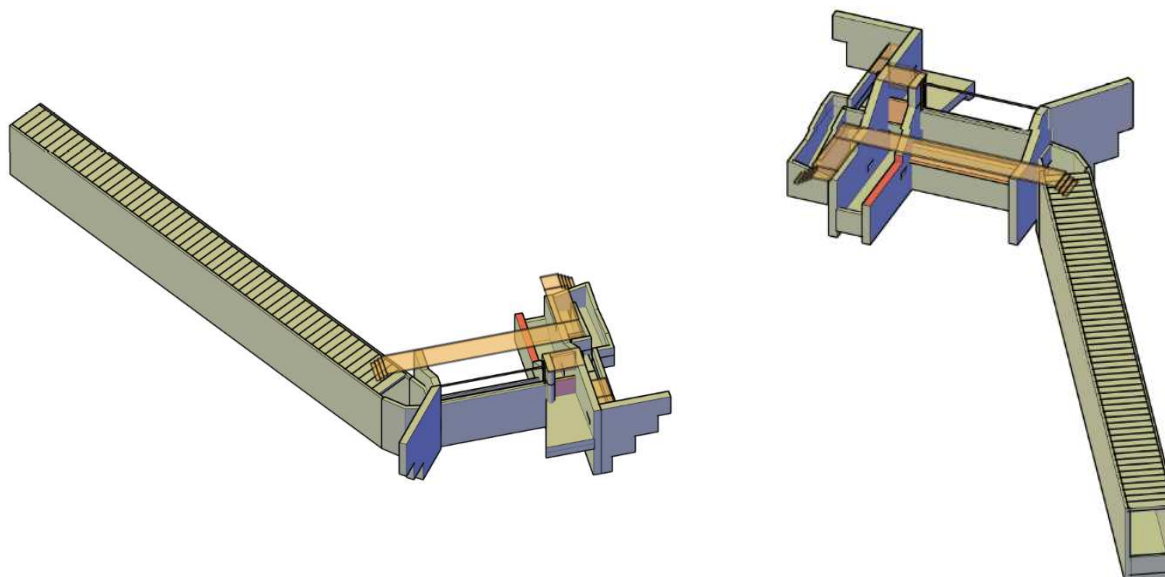


Fig. 5. *Perspective des ouvrages de prise d'eau (haut : vue depuis l'amont, bas : vue depuis l'aval)*

4.2. CHEMIN D'EAU

Le profil hydraulique proposé aujourd'hui est donc, de l'aval vers l'amont :

Tronçon aval d'une longueur de 1240 m environ :

- Réutilisation de la galerie existante en l'état et mise en place d'une conduite (environ 515m)
- Réalisation d'un forage en raise-boring (longueur : environ 340m, inclinaison 45°)
- Réalisation d'une tranche avec conduite enterrée (longueur : environ 380m, avec un point bas et un point haut)

Tronçon amont d'une longueur de 2420 m environ :

- Réalisation de la galerie amont d'environ 2420m de long excavée principalement au tunnelier (sauf l'attaque de la galerie sur environ 70m réalisée à l'explosif), d'un diamètre compris en 3.50 et 3.80m ;

La liaison des deux tronçons du chemin d'eau sera réalisée au niveau du pont de Sarenne (RD211a) en rive gauche du cours d'eau, pour constituer une voie d'eau souterraine de 3660 m environ.

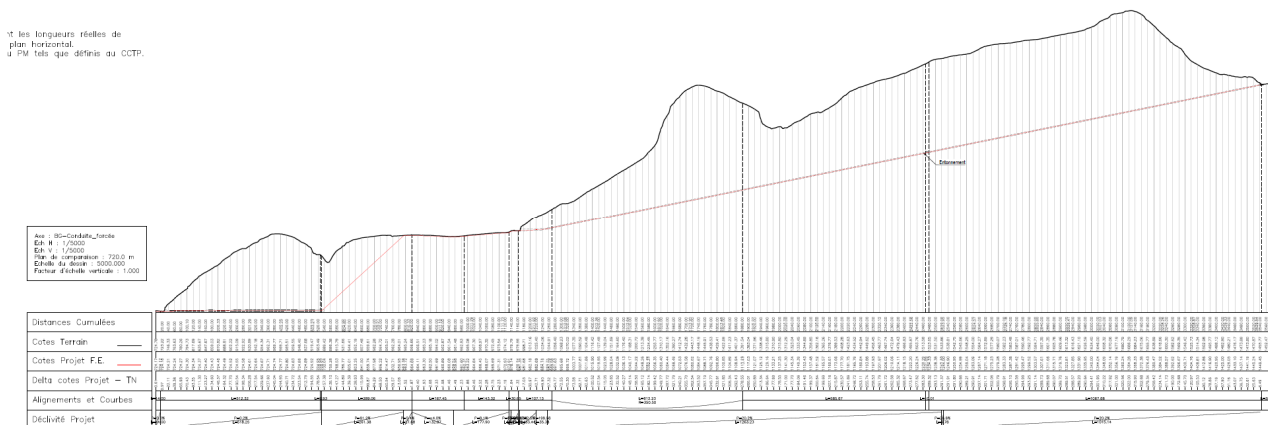


Fig. 6. Profil en long du tracé du chemin d'eau souterrain

4.3. CENTRALE

L'implantation de la future centrale, équipée de deux groupes Pelton, est prévue en pied de falaise, sur la frontière des communes de Bourg d'Oisans et de La Garde, à proximité de la sortie de la galerie existante.

Les transformateurs et les filtres seront installés dans un bâtiment construit en lieu et place de l'ancienne usine.

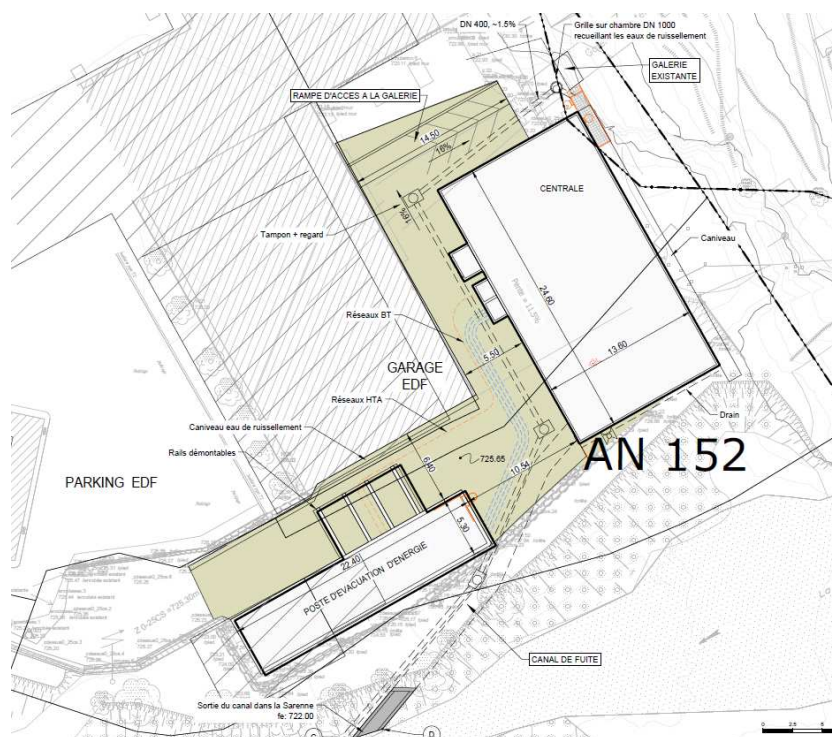


Fig. 7. Plan masse de la centrale et du local des transformateurs

4.4. MONOGRAPHIE

Tabl. 2 - Caractéristiques de l'aménagement hydroélectrique

De l'amont vers l'aval :

STRUCTURE	COMPOSANTE	CARACTERISTIQUES
GENERAL	Communes concernées	Le Bourg d'Oisans (centrale), Huez (prise d'eau), La garde (galeries et conduite)
	Localisation	Rive gauche du torrent de la Sarenne à l'aval de l'Alpe d'Huez
	Hauteur de chute	726.85 m
	Longueur du chemin d'eau	~3673 m
	Débit équipé	1.8 m ³ /s
	Production annuelle moyenne	35 GWh/an
	Puissance installée aux bornes de l'alternateur	11 MW
PRISE D'EAU COANDA	Niveau du seuil	1 455.12 m NGF
	Type d'exploitation	Au fil de l'eau
	Hauteur du seuil	~5 m
	Longueur de la prise Coanda	9.22 m
	Largeur intérieure de la prise Coanda	1.78 m
	Espacement des barreaux de la grille	1 mm
	Grille grossière de protection	oui
	Volume de la retenue	~500 m ³
	Surface de la retenue	355 m ²
	Débit d'équipement	1.80 m ³ /s
	Débit réservé	120 l/s par la passe à poisson
	Niveau de la retenue pour le débit équipé Q _E (1,8 m ³ /s)	1455.35 m NGF
	Niveau de la retenue en crue Q ₁ (8 m ³ /s)	1455.75 m NGF (passe à gravier fermée)
	Niveau de la retenue en crue Q ₁₀₀ (45 m ³ /s)	1456.42 m NGF (passe à gravier ouverte) 1456.92m NGF (passe à gravier fermée)
Prise hivernale	Trappe en siphon du côté de la passe à gravier	
Débit réservé hivernal	Par un orifice vanné entre l'entrée du dessableur et le bac de réception au pied de la coanda	
PASSE A GRAVIER	Dimensions de la vanne de la passe à gravier	2.00 m de largeur x 3.20 m de hauteur
	Pente de la dalle de chasse en amont de la vanne	Environ 11°
	Principe de détection d'engravement	Lames vibrantes ou équivalent
PASSE A POISSON	Type	Passé à poisson à bacs successifs
	Localisation de la montaison	Rive droite
	Dévalaison	Sur la grille coanda
	Débit	120 l/s (débit réservé)
DESSABLEUR	Type	HSR
	Purge	Conduite HSR Ø 600 mm
	Dimension et Section	Canal extérieur en béton B = 3 m x H = 4.8 m
	Longueur	Environ 42 m
	Pente	~0.5%
GALERIE EN CHARGE	Section de creusement	Ø 3500 MM

STRUCTURE	COMPOSANTE	CARACTERISTIQUES
	Longueur	1043
	Pente	20%
	Dénivelée	216 m
	Écoulement	En charge
	Revêtement	Fonction de la qualité du rocher et localisation
CONDUITE FORCEE POSEE EN GALERIE	Matériau	Fonte et Acier
	Diamètre intérieur	Ø 900 mm
	Épaisseur pour le tronçon II – courbe acier	16 mm
	Épaisseur pour le tronçon III – partie inférieure acier	13.5 mm
	Longueur	1 379 m
	Type	Posée sur pilettes (aérienne) en galerie avec massifs d'ancrage
	Pose	depuis la plateforme intermédiaire
PLATFORME INTERMÉDIAIRE	Niveau du radier	979.8 m NGF
	Capacité de stockage définitif	Env. 2000 m ³
SITE DE DEPÔT DEFINITIF	Capacité de stockage définitif	Env. 33 000 m ³
	Surface de la plateforme supérieure	1800 m ²
	Surface projetée au TN	5600 m ²
CONDUITE FORCEE ENTERRÉE	Matériau	Acier
	Diamètre intérieur	Ø 900 mm et 800 mm
	Longueur	380 m environ
	Pose	En tranchée
	Épaisseur de la conduite forcée	Minimum 13,5 mm et 12,5 mm
PUITS INCLINÉ (RAISBORING) GALERIE EXISTANTE AVAL	Longueur	340 m environ
	Inclinaison	Environ 45°
	Conduite forcée	Ø 800 mm
	Matériau de la conduite forcée	Acier
	Épaisseur de la conduite forcée	Variable - Minimum 14 à 18 mm
GALERIE EXISTANTE AVAL	Section	Environ 3 m de large et 3m de hauteur sous clé
	Longueur	Environ 508 m
	Inclinaison	Subhorizontale
	Revêtement	Non revêtue
	Conduite forcée	Ø 800 mm
	Matériau de la conduite forcée	Acier
	Épaisseur de la conduite forcée	Minimum 18 mm
CENTRALE	Cote de l'axe turbine	726.70 NGF
	Cote du radier de la centrale	725.70 NGF
	Nombre et type de turbines	2 turbines Pelton à axe horizontal & vannes de pied
CENTRALE RESTITUTION	Niveau moyen annuel de la Sarenne au droit de la restitution (1 m ³ /s)	722.23 NGF
	Niveau en crue Q ₁₀ (12 m ³ /s) de la Sarenne au droit de la restitution	723.01 NGF
	Niveau en crue Q ₁₀₀ (50 m ³ /s) de la Sarenne au droit de la restitution	723.35 NGF

5. DESCRIPTION DETAILLEE DES OUVRAGES

5.1. AMONT : SEUIL, PRISE D'EAU ET PASSE A POISSONS

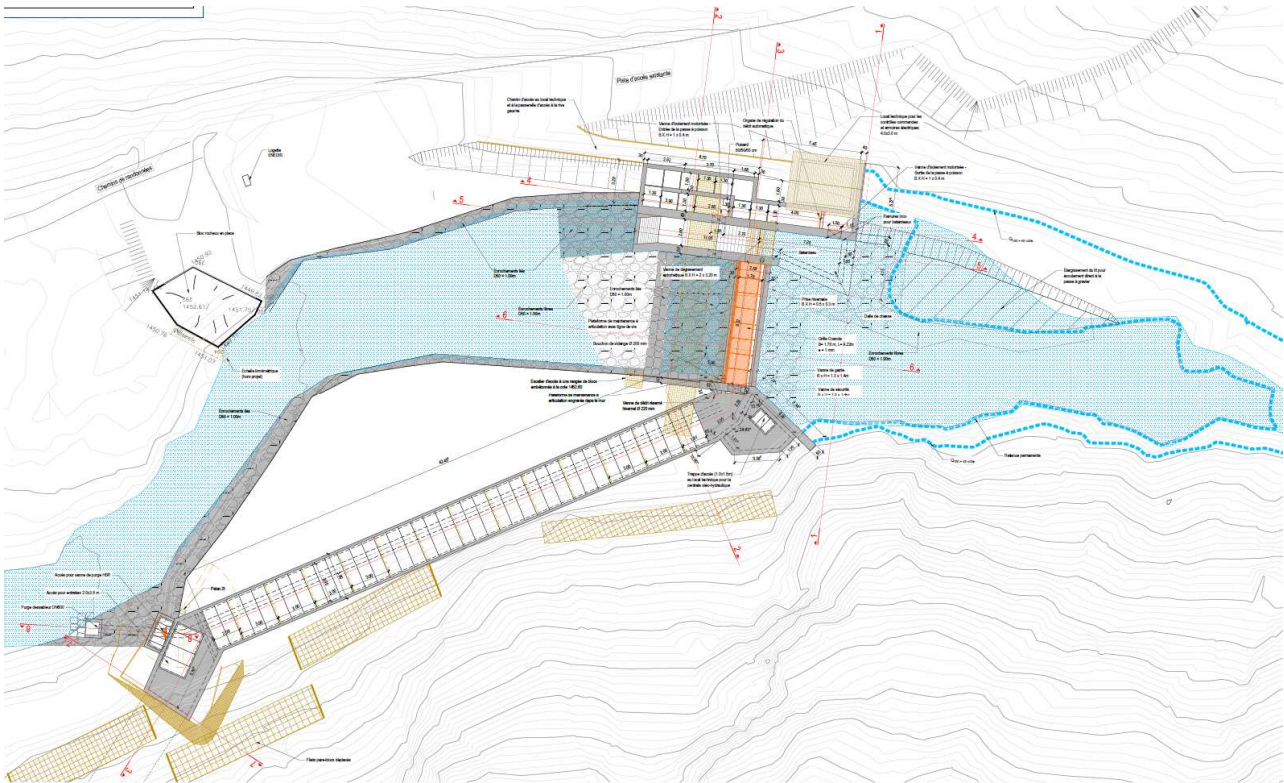


Fig. 8. Plan masse des emprises des ouvrages amont

5.1.1. Implantation

Le barrage qui permet de dériver les eaux de la Sarenne en rive gauche dans la prise d'eau, est implanté légèrement en aval de la confluence avec le Rif Brillant.

La prise d'eau est implantée en rive gauche de la Sarenne.

5.1.2. Caractéristiques du seuil en rivière

Caractéristiques du seuil en rivière :

- Niveau de retenue normale : 1 455.35 m NGF
- Seuil vanné de la passe à gravier:
 - Cote de fond du seuil vanné : 1 452.34 m NGF
 - Nombre et type de vanne : 1 vanne plane de 2 m de largeur et 3.20 m de hauteur
- Seuil libre :
 - Niveau crête du seuil libre (prise Coanda) : 1 455.12 m NGF
 - Longueur de seuil déversant : 9.22 m

Afin de limiter les infiltrations sous le seuil et en rive droite (rive comportant une hauteur importante matériaux de couverture), des injections de coulis seront réalisées sous le seuil et en prolongement du barrage en rive droite.

Les seuils créent un plan d'eau à la cote normale 1 455.35 NGF avec une superficie de l'ordre de 355 m² environ et un volume estimé à environ 500 m³. L'engrèvement de la retenue sera contrôlé par le chenal de dégrèvement et par la prise par "en-dessous" qui permettront de faire transiter les sédiments vers l'aval du barrage.

L'aménagement de la prise d'eau nécessitera des reprises de berges de chaque rive sur quelques dizaines de mètres en amont et en aval de l'ouvrage. Ces reprises seront limitées au strict minimum.

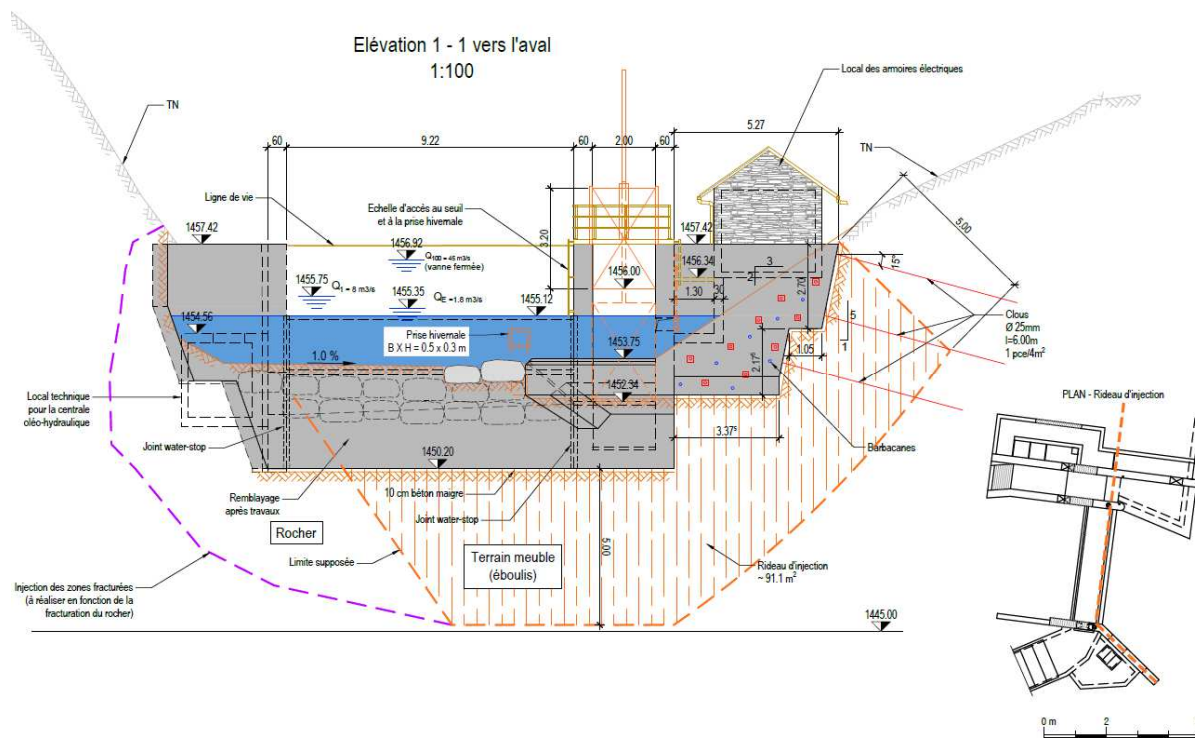


Fig. 9. Élévation à l'amont des ouvrages de seuils

5.1.3. Caractéristiques de la prise d'eau

La prise d'eau a été dimensionnée pour dériver 1 800 l/s.

L'ouvrage de prise d'eau est constitué (d'amont vers l'aval) :

- D'une prise "par en-dessous" de type Coanda constituée d'un seuil à la cote 1455.12 NGF d'une longueur d'environ 10 m;
- La prise de type Coanda contient une grille grossière de protection et sa grille fine "Coanda" avec espacement des barreaux de l'ordre du mm. Ce système fait office de dévalaison. Au pied de la Coanda, un bassin de réception est créé avec des enrochements bétonnés ;
- Sous la grille, un canal amène les eaux au dessableur. Le dessableur a une longueur d'environ 42 m, une hauteur de 4,8 m et une largeur de 3m;
- Un ouvrage de mise en charge en fin de dessableur alimentant la galerie hydraulique.

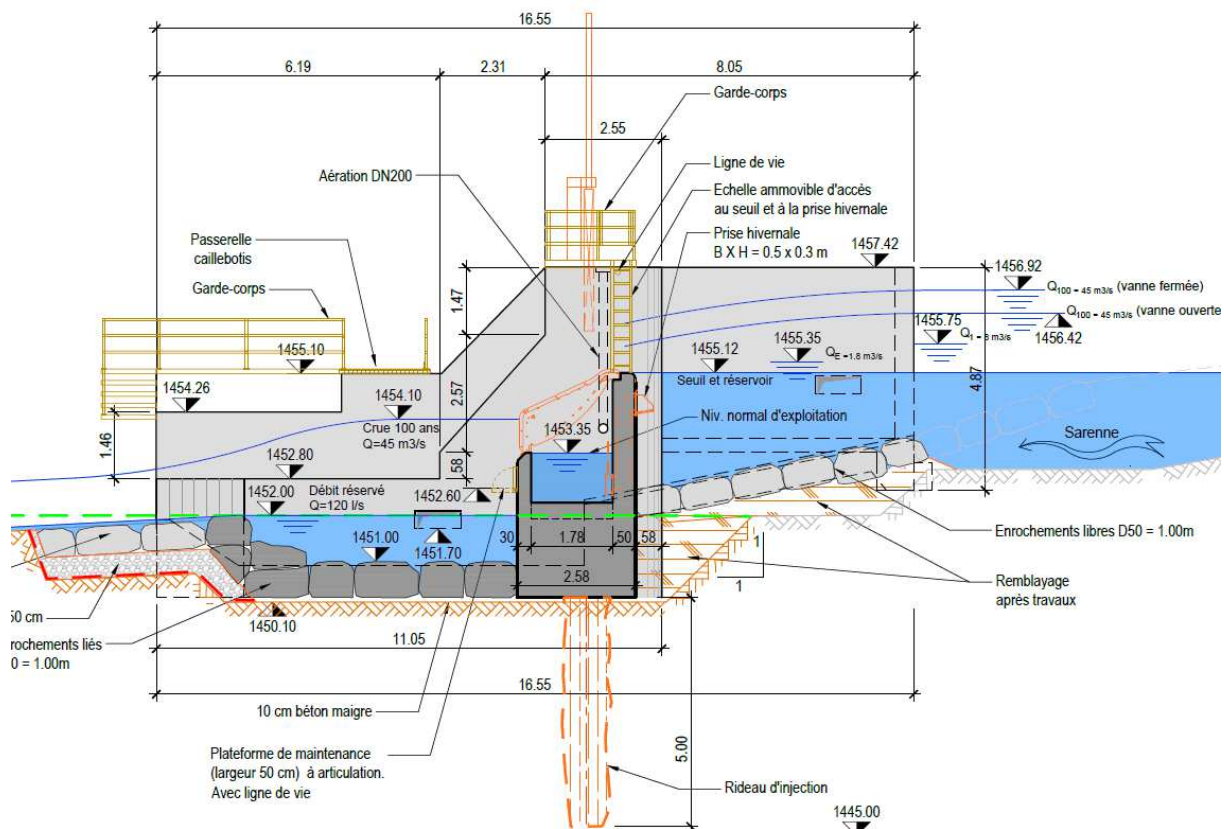


Fig. 10. Coupe sur ouvrages

5.1.4. Caractéristiques du dessableur

Le dessableur a pour objectif de tranquilliser les eaux et de permettre la sédimentation des éléments supérieurs à 0.2 ou 0.3 mm ; ce qui limite la teneur en matériaux solides des eaux arrivant dans la conduite puis au niveau des turbines. L'objectif est de préserver les ouvrages d'une abrasivité trop forte des eaux exploitées.

Un seuil situé en fin de dessableur bloque les sédiments avant la chambre de mise en charge. Les sédiments peuvent être chassés par l'ouverture d'une vanne située à l'extrémité aval de ce dessableur. Les sédiments sont ensuite déversés dans la Sarenne lors des transits sédimentaires.

5.1.5. Caractéristiques de la chambre de mise en charge

En extrémité aval du dessableur, un bassin de mise en charge est prévu avant le passage en galerie hydraulique. La submergence de la galerie a été calée de manière à se prémunir d'arrivée d'air dans la conduite. La génératrice supérieure de la galerie est calée à +1 451.20 m NGF soit 2.10 m en dessous du niveau normal d'exploitation de +1 453.30 m NGF.

Une vanne de tête de sécurité de type plane à fermeture automatique sans énergie (poids propre) prévus au début du dessableur. Une palette de survitesse ainsi qu'un débitmètre électromagnétique sont prévus en début de conduite forcée immédiatement à l'aval de la galerie hydraulique. Un système de détection différentiel du débit permettra d'actionner la vanne de sécurité.

Un local technique permettra d'installer les équipements nécessaires au bon fonctionnement des vannes et leur centrale hydraulique. Les équipements électriques seront, eux, localisés dans un local spécifique en rive droite du barrage.

5.1.6. Caractéristiques de la passe à poissons

Compte tenu du contexte piscicole (espèce cible unique : Truite Fario) sur un cours d'eau à pente forte, la solution retenue pour l'ouvrage de montaison est une passe à poissons de type passe à bassins.

Un contact rapproché avec L'Agence Française pour la Biodiversité est en cours pour préciser la conception de l'ouvrage.

Le transit du débit réservé de 120 l/s se passera intégralement dans l'ouvrage de montaison, la grille de type Coanda servant pour la dévalaison sans débit supplémentaire.

La passe à poissons est localisée en rive droite de la prise d'eau. Elle est constituée par un dispositif de passe à bassins successifs. Elle est positionnée derrière le chenal de dégrèvement. Ce dernier a pour objectif d'empêcher tout engrèvement de la passe à poisson. Elle est composée de 12 bassins de 1.30 m de largeur et 1.30 m de longueur, pour des hauteurs d'eau moyennes d'environ 1.10 m en fonctionnement courant. Le déversement entre bassins s'effectue par des cloisons à échancrures triangulaires. L'ouvrage est accessible par le caillebotis placé par-dessus.

Le dispositif de dévalaison correspond à la grille Coanda. Cette disposition permet d'utiliser l'entier du débit réservé pour la montaison. L'entrée de la montaison se situe au pied de la prise d'eau de manière à toujours disposer celle-ci dans des conditions mouillées. En effet, il est alors possible de dévaler par-dessus la grille tout en disposant de la totalité du débit réservé à la réception dans le bassin prévu à cet effet en pied de prise d'eau.

Le cheminement de montaison de l'aval vers l'amont est résumé ici :

- Depuis la Sarenne à l'aval, les poissons rejoignent le bassin de réception au pied de la prise Coanda par une échancrure prévue à cet effet ;
- Deux ouvertures successives permettent de transiter à travers la passe à gravier vers l'entrée de la passe à poisson. Les poissons étant guidés par le débit provenant de l'ouvrage de montaison ;
- Le début de l'ouvrage de montaison avec ses 12 cloisons à échancrure triangulaire et sa cloison de réglage du débit ;
- La sortie de la passe à poisson vers la retenue amont.

5.1.7. Phasage de construction des ouvrages amont

Les ouvrages de la prise d'eau seront réalisés en deux phases :

- Une première phase au printemps et à l'été 2020, où sera réalisée la quasi-totalité du barrage, de la passe à poisson et leurs ouvrages associés. Côté génie civil, seuls les 50 derniers mètres du dessableur et la chambre de mise en charge ne seront pas réalisés, afin de laisser un espace suffisant pour la sortie du tunnelier. Un canal provisoire ou des conduites de dérivation seront aménagés pendant la réalisation du barrage, soit en rive gauche (canal qui sera ensuite remblayé), soit en rive droite en utilisant la fouille du dessableur.
- Une deuxième phase au printemps et à l'été 2021, où seront réalisés la fin du dessableur, la chambre de mise en charge, les équipements électriques, les finitions et les essais.

5.2. TRAVAUX SOUTERRAINS : GALERIE AMONT

Le linéaire total de la galerie amont est d'environ 2420 m.

5.2.1. Galerie amont

Cette galerie constitue le conduit d'aménée jusqu'à la plateforme intermédiaire.

Elle comprend :

- Le creusement de 70 m de galerie en méthode conventionnelle pour le lancement du tunnelier ;
- Le creusement de 2350 m de galerie au tunnelier ;
- La pose d'une conduite forcée Ø900 mm sur une longueur de 1400 m environ ;
- La réalisation d'un entonnement hydraulique au PM 1380 environ ;
- Les aménagements définitifs en galerie et sur la plateforme intermédiaire.

L'axe d'implantation décrit ci-dessous est situé sur l'axe de la galerie et de la conduite forcée.

Le choix du tracé entre les deux extrémités (points fixes) a été déterminé sur la base des critères/contraintes suivants :

- Respect du périmètre de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) et des parcelles hors DUP qui peuvent être incluses dans le périmètre des travaux ;
- Pente d'environ 20 % compatible avec l'utilisation de véhicules sur pneus en phase chantier (les entreprises sont libres d'utiliser les moyens logistiques qu'ils estiment les plus appropriés – véhicules sur pneus ou sur rails au moyen d'un treuil) ;
- Rayon de courbure min de 350 m, compatible avec l'installation d'une bande transporteuse et d'un treuil si prévu ;
- Faible pente et tracé rectiligne au droit de la galerie de lancement du tunnelier (tronçon creusé à l'explosif à proximité de la tête aval) ;
- Tracé rectiligne sur la majorité du linéaire (plus simple pour la logistique et plus économique pour la conduite forcée) ;
- Couverture et épaulement rocheux les plus importants possible en respectant les autres contraintes géométriques.

La galerie amont aura les caractéristiques suivantes.

Du point de vue planimétrique, le tracé présente les caractéristiques suivantes :

- Tronçon rectiligne sur les premiers 110 m environ (galerie de lancement sur les premiers 70 m)
- Courbe de rayon 350 m sur une longueur de 600 m environ, permettant une rotation de l'axe d'environ 90°
- Tronçon rectiligne sur le restant du linéaire.

Le profil en long présente les éléments suivants :

- Pente à 2.5 % sur les premiers 50 m environ (au droit de la galerie de lancement)
- Raccord altimétrique (R=200 m)

- Pente constante de 20.4 % jusqu'à la fin du tunnel.

La longueur du tracé en considérant la pente est de 2420 m.

La longueur du tracé sur le plan horizontal est de 2376 m.

5.2.2. Méthode de creusement de la galerie

La galerie amont sera creusée à l'aide d'un tunnelier à roche dur. Seule l'attaque de la galerie (avant installation du tunnelier) sera creusée à l'explosif.

Le cycle d'excavation au tunnelier est constitué des phases consécutives suivantes (section courante, élargissements) :

- Abattage à l'aide de la roue de coupe du tunnelier
- Marinage (évacuation des déblais)
- Purge (blocs instables en paroi et front)
- Soutènement (béton projeté, boulons, profilés métalliques suivant les caractéristiques de sols)

Le cycle d'excavation à l'explosif de l'attaque sera le suivant : foration de la volée, chargement des explosifs dans les trous de mine, tir, désenfumage, marinage (évacuation des déblais), purge (blocs instables en paroi et front), projection de béton projeté, mise en place du soutènement.

5.3. TRAVAUX SOUTERRAINS : RAISE BORING / TRAVAUX EN EXTERIEUR : TRANCHEE

5.3.1. Implantation / Description générale

Le tracé du tronçon aval est décrit sur le plan PG202 (vue en plan et profil en long).

5.3.2. Méthode de construction du raise-boring

La technique de raise-boring consiste à effectuer un forage pilote depuis le haut (au niveau du site du pont de Sarenne, sur une plateforme située en extrémité de la piste déjà réalisée pour les sondages géotechniques). Le diamètre du trou pilote est d'environ 33cm. Les matériaux issus du forage du trou pilote sont évacués par le haut du forage.

Le trou pilote débouchera dans la caverne en extrémité de la galerie existante.

L'aléreur sera acheminé dans la galerie existante. Son diamètre sera au minimum de 2,74 m. Il effectuera le réalésage du trou pilote depuis le bas en remontant. Les déblais tombent dans la caverne. Ils sont évacués par un engin par la galerie existante.

L'installation de la conduite dans le puits se fait en descendant les éléments depuis le haut.

5.3.3. Méthode de construction tronçon en tranchée

Il s'agit d'une pose classique de conduite en tranchée. La profondeur de la tranchée est d'environ 2 m et la couverture minimale sur la conduite est de 0,80 m.

Des chambres permettent d'accéder aux équipements de la conduite (vidange au point bas, ventouse au point eau).

5.4. CONDUITE FORCEE

5.4.1. Cadrage réglementaire

Le diamètre et le volume contenu dans la conduite sont modestes et l'ouvrage n'est pas soumis à une étude de dangers au sens du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques. Selon le projet d'arrêté définissant « *les caractéristiques des conduites forcées au-delà desquelles une étude de dangers est requise* », la conduite forcée présente un rapport HxDe # 570 inférieur à la valeur limite prescrite de 700.

Le classement de la conduite suivant le CODETI Division 3 - §G.5 est le suivant :

- Classe B, catégorie II
- Impact sûreté : IS = 3 (cf. Tableau G6-1 CODETI)
- Impact performance : IP = 3 (cf. Tableau G6-1 - CODETI)
- Facteur d'impact FI = 3

5.4.2. Choix du blindage acier partiel dans la galerie amont

Afin de déterminer la longueur de la zone blindée (conduite forcée) par rapport à celle non blindée (galerie en charge), conformément à la littérature (p.ex. Colombet et Bouvard, 1988 ; Giafferi, 1992 ; Vibert, 2014), les éléments suivants ont été considérés :

- Le recouvrement vertical
- L'épaulement (latéral)
- L'état de contrainte dans le massif
- Les pertes d'eau.

Les trois premiers éléments concernent le risque de fracturation hydraulique ("claquage" du rocher) : l'écoulement d'eau sous pression ouvre les fissures du massif rocheux. Les fuites d'eau et la saturation du massif par ouverture/propagation des fissures peuvent engendrer les conséquences suivantes, selon le retour d'expérience d'ouvrages passés (notamment dans les Alpes ou les pays scandinaves) :

- Instabilités de pente potentielles (glissements de terrain, éboulements de falaises, coulées de débris, etc...)
- Réduction de la production d'énergie
- Arrêt de la production pour réparations.

Tous ces phénomènes peuvent causer de lourdes pertes financières et touchent à la sûreté de l'installation.

Afin de prévenir ce phénomène, en absence de revêtement étanche (conduite forcée en acier ou membranes étanches), il faut s'assurer que la contrainte principale mineure soit tout au long du linéaire supérieure à la pression d'eau dans la galerie, pour toutes les conditions de fonctionnement de l'aménagement (normales, transitoires).

Une estimation du champ de contraintes naturelles est donc nécessaire. Dans le cas présent, l'état de contrainte est inconnu, comme les sondages réalisés ne recoupent pas le tracé de la galerie en profondeur (p. ex. sous le ruisseau de France) et aucun essai de détermination de l'état de contraintes n'y a été réalisé.

En absence de données, des règles empiriques sont généralement utilisées, permettant de déterminer les valeurs minimales et conservatives pour le recouvrement vertical et pour l'épaulement. Des calculs numériques sont également réalisés en complément.

La pression maximale "PMIS" aux PM les plus critiques (notamment entre les PM 600 et 1100) a donc été comparée aux valeurs minimales pour le recouvrement vertical et l'épaulement, calculés par les règles empiriques. Les sections 2D les plus défavorables ont été considérées, perpendiculairement ou non à l'axe de la galerie. Un calcul numérique de l'état de contrainte à partir de la topographie a été également réalisé au PM le plus critique (PM 950).

Les résultats montrent que jusqu'au PM 1100, mis à part localement sous la roche du Regardet, les conditions exposées ci-dessus ne sont pas respectées. Par ailleurs, au niveau de la roche du Regardet, l'effet de crête doit être considéré et il est probable que les conditions ne soient pas non plus respectées.

Les échanges d'eau ont été également évalués. Dans le calcul réalisé, une perméabilité fissurale est considérée sur un tronçon de galerie de 50 m (longueur des failles), en prenant en compte trois ordres de grandeur de perméabilités du massif rocheux : de 10^{-8} , 10^{-7} , 10^{-6} m/s. Les résultats des calculs montrent les points suivants :

- Avec une perméabilité de 10^{-8} m/s les échanges sont faibles (inférieurs à 1 l/s/50 m),
- Avec une perméabilité 10^{-6} m/s (probable dans les zones de failles) les échanges sont significatifs jusqu'au PM 1100 (supérieurs à 10 l/s/50 m).

Tous ces éléments confirment donc le besoin d'une conduite forcée a minima jusqu'au PM 1100.

Colombet et Bouvard (1998) indiquent que la section blindée doit être prolongée par un revêtement en béton armé jusque sous une couverture verticale de $1.3 H$, H étant la charge hydrostatique de la galerie (en m). Cette condition est obtenue au PM 1380.

Entre le PM 1100 et 1380, la galerie devrait donc présenter un revêtement armé. Le coût par ml d'un revêtement armé étant très semblable à celui de la conduite forcée $\varnothing 900$ mm, il a donc été décidé de prolonger la conduite forcée jusqu'au PM 1380.

Du PM 1380 à la prise d'eau, les conditions géologiques/géomécaniques/hydrogéologiques sont favorables pour n'avoir ni revêtement ni conduite sur la majorité du linéaire.

5.4.3. Description

La conduite forcée démarre de la chambre de mise en charge au bout du dessableur au niveau de la prise d'eau.

5.4.3.1. PARTIE AMONT (PRISE D'EAU JUSQU'A LA PLATEFORME INTERMEDIAIRE)

La conduite forcée est délimitée par 3 tronçons caractéristiques :

- Un tronçon rectiligne dénommé "Tronçon I – rectiligne" en fonte ductile verrouillée. Ce tronçon est situé entre l'entonnement et la courbe horizontale ;
- Un tronçon en courbe dénommé " Tronçon II – courbe" en acier. Ce tronçon est situé le long de la courbe horizontale de la galerie ;
- Un tronçon rectiligne en plan dénommé " Tronçon III – partie inférieure" en acier. Ce tronçon est situé en aval de la courbe sur la partie inférieure de la galerie. En aval de la galerie, un petit tronçon est enterré afin de rejoindre la limite de lot avec le lot 2.

5.4.3.2. PARTIE AVAL (PLATEFORME INTERMEDIAIRE JUSQU'A LA CENTRALE)

La conduite en tranchée et en puits est en acier.

La conduite forcée en galerie est en acier et sera testée en pression par tronçon. La pression d'essai correspond au maximum de pression statique par tronçon, majorée d'un coefficient qui intègre les effets dynamiques ou coefficient de sécurité.

5.5. CENTRALE ET RESTITUTION

5.5.1. Générale & génie civil

L'implantation de la future centrale est prévue sur la frontière des communes de Bourg d'Oisans et de La Gard, en pied de falaise, près de la sortie de la galerie existante. Les transformateurs et les filtres seront installés dans un bâtiment construit en lieu et place de l'ancienne usine.

Une première phase de travaux a consisté à démolir l'usine existante, à démanteler le tronçon aval de la conduite forcée aérienne (de l'usine à la pilette située à la cote 748 m NGF, soit 60 ml environ) et à remettre en état le site de l'ancienne usine avec la création d'une plateforme à la cote 725 m NGF. Afin d'assurer la sûreté du chantier de démolition vis-à-vis des risques de chutes de bloc et de pierres, des travaux de sécurisation de l'escarpement rocheux surplombant le site ont été réalisés (purges de sécurisation, pose d'un filet de protection, ancrages de confortement). Ces travaux ont été exécutés fin 2016, suite au dépôt d'un dossier d'exécution en février 2016 dont l'autorisation a été obtenue le 7/03/2016.

La seconde phase de travaux comprendra la construction de la centrale hydroélectrique et du local des transformateurs, la réalisation du canal de fuite et le raccordement de la conduite forcée de la galerie aval à l'usine.

Les terrassements préalables à la construction de la centrale ont été décrits dans un dossier d'exécution de travaux préparatoires, dont la demande a été présentée en octobre 2017, et qui a été autorisé le 15/03/2018.

La centrale accueillera deux groupes Pelton, le local de commande, les équipements électriques. Le bâtiment de la centrale sera accessible de plain-pied depuis la route d'accès sur sa façade Sud-Est. La conduite forcée entrera par le Nord-Est directement. Le canal de fuite sortira du bâtiment du côté Sud-Ouest et se rejettera dans la Sarenne à environ 50 m de l'usine plus loin vers l'ouest. Le point de rejet du canal de fuite dans la Sarenne pourra être remonté jusqu'à 50 m plus en amont en fonction des études à venir.

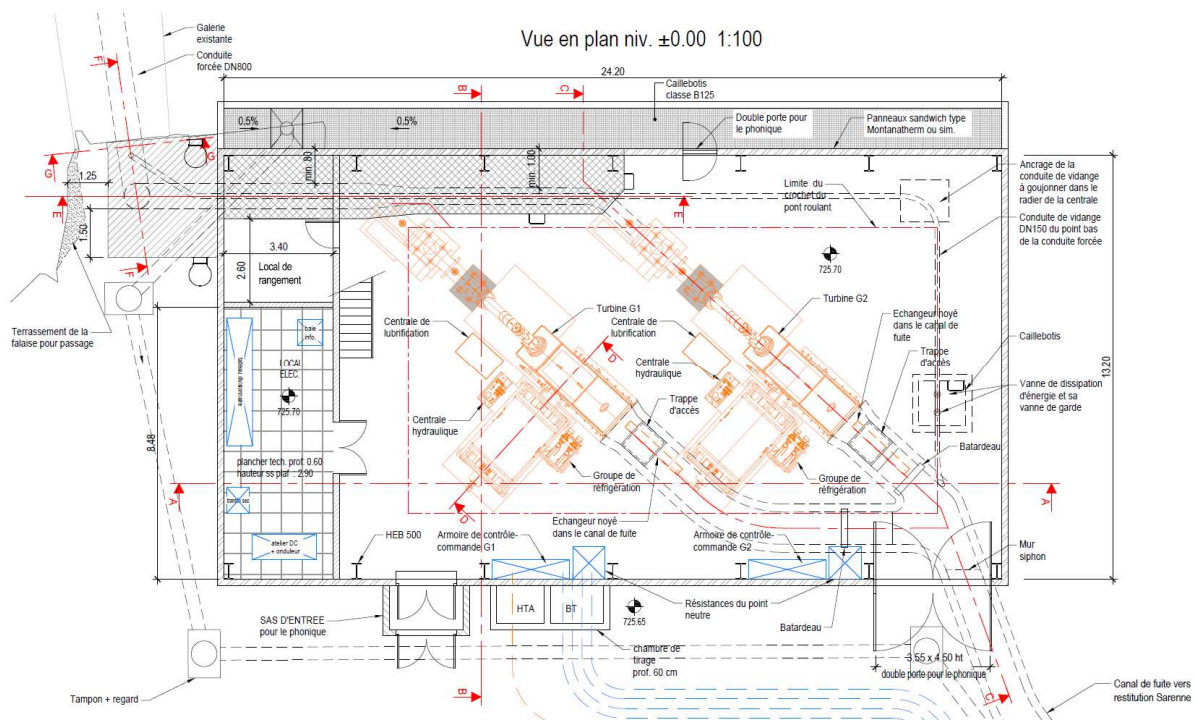


Fig. 11. Vue en plan des équipements de la centrale

Les caractéristiques principales du bâtiment de la centrale sont les suivantes :

- Surface : 350 m² environ pour la centrale incluant une partie réservée aux bureaux / salle de commande / local électrique sur 2 étages auxquels s'ajoutent, derrière le bâtiment coté falaise, une surface de stockage.
- Hauteur : 14.00 m environ entre le faitage du toit de la centrale et le radier principal.

Le plancher du bâtiment est à la cote 725,70 m NGF correspondant à la cote du terrain naturel.

Les locaux sont équipés d'une ventilation et d'une insonorisation acoustique (compte tenu notamment de la présence du camping sur la rive gauche de la Sarenne).

Le bâtiment de la centrale est protégé à concurrence de la cote de la crue centennale + 50 cm.

Le local des transformateurs occupe une surface au sol d'environ 120 m², en lieu et place de l'ancienne usine à l'entrée de la parcelle le long de digue rive droite de la Sarenne.

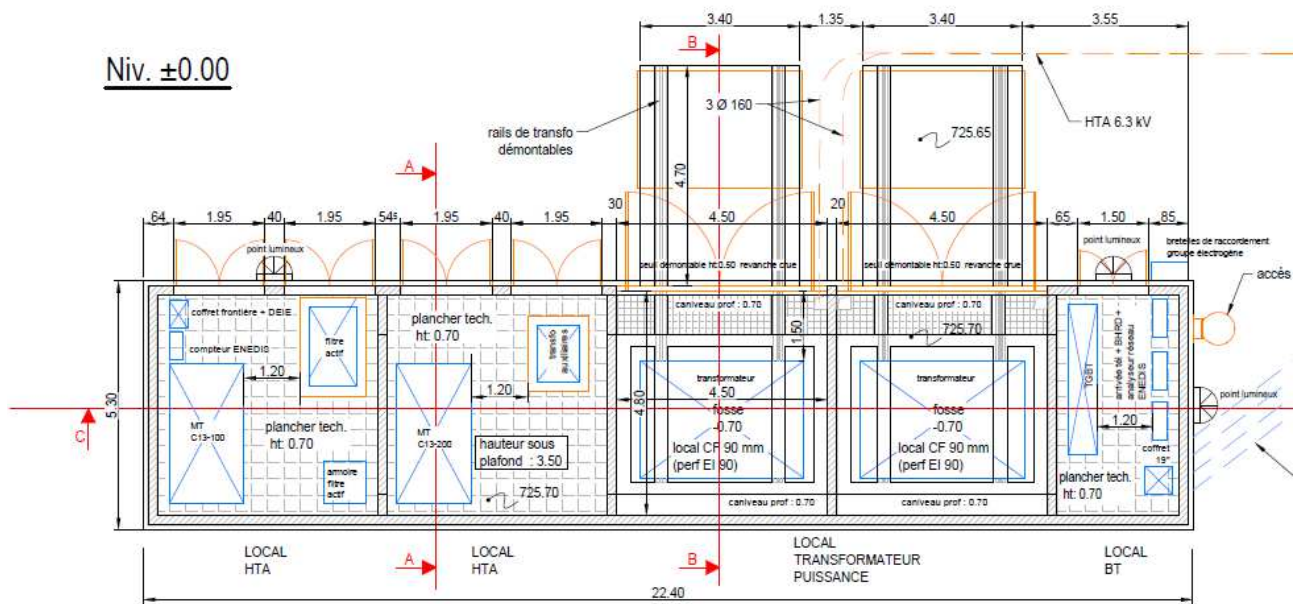


Fig. 12. Vue en plan du local des transformateurs

5.5.2. Équipements hydro-électromécaniques

La centrale est équipée de matériel neuf. Deux turbines Pelton, alternateurs, transformateurs, armoires électriques de commande et poste de départ sont prévus.

Ainsi à la centrale il est prévu :

- Les deux groupes de production hydroélectrique.
- Le système d'évacuation de l'énergie produite vers le Réseau Public de Distribution (RPD).
- Les différents moyens de levage dont le pont-roulant qui équipera la salle des machines de la centrale.
- Le système de ventilation-climatisation-chauffage.
- Les services auxiliaires électriques Moyenne Tension (MT) et Basse Tension (BT) CA et CC.
- Le système d'éclairage (normal et de sécurité).
- Le système de distribution de la force motrice (prises de courant).
- Le système de détection d'incendie.
- Le système anti-intrusion et de gestion des accès.
- Le système de liaison à la terre (partie enterrée (uniquement la conception et la fourniture des matériels, installation par les lots 1, 2 et 4 pour leur propre partie) et partie en surface).

Pour le barrage-prise d'eau, il est prévu :

- L'alimentation électrique par le réseau public ;
- Les services auxiliaires électriques BT (CA et CC).
- Les systèmes d'éclairage (normal et de sécurité).
- Les systèmes de distribution de la force motrice (prises de courant)

- Les systèmes de détection d'incendie.
- Le raccordement au système de gestion centralisée des systèmes anti-intrusion et de gestion des accès.
- Les systèmes de liaison à la terre (partie enterrée (conception et fourniture à la charge du lot 5, installation à la charge des lots 1, 2 et 4) et partie en surface).
- Les capteurs nécessaires (capteurs d'engravement, capteurs de niveau).

En option, il sera installé un câble à fibre optique depuis la centrale jusqu'à la prise d'eau, le câble étant installé dans des fourreaux de type PEHD diamètre 40 mm.

Pour l'ensemble de l'aménagement, il est également prévu un système de contrôle-commande-protection-supervision. Ce système prendra en charge tous les matériels hydromécaniques, électromécaniques et électriques installés sur l'ensemble de l'aménagement, en particulier :

- Au barrage-prise d'eau : les diverses vannes motorisées dont la vanne de tête du circuit d'amenée en charge.
- Sur le chemin d'eau : les systèmes de ventilation.

Le raccordement sur le réseau public électrique 20 kV est réalisé en fonction des consignes données par le gestionnaire du réseau. Le point de livraison est situé au niveau de la cellule HTA située dans le local technique de l'usine (parcelle AN 152).

5.6. ACCES ET VOIRIE

Les accès à privilégier pour les différents sites du projet sont les suivants :

- Accès principal à la prise d'eau : par la RD211 depuis Bourg d'Oisans, puis la piste qui s'engage dans la vallée de la Sarenne depuis le village d'Huez sur 1.2 km environ.
- Accès à la galerie amont et à la tête du puits: par la RD211a depuis La Garde.
- Accès à la centrale hydroélectrique : par la RD211 depuis Bourg d'Oisans.

6. PRELEVEMENTS / REJETS D'EAU

6.1. PRELEVEMENT EN EAU DANS LA SARENNE EN PHASE CHANTIER ET REJETS

Le chantier de Sarenne se déroulera sur 3 zones :

- Site de l'usine
- Site du pont de Sarenne avec la galerie d'un côté et la plateforme du raise-boring/site de dépôt de l'autre
- Site de la prise d'eau.

Des prélèvements et rejets d'eau seront nécessaires à chacun de ces sites.

Site des travaux	Usine	Pont de Sarenne (plateforme raise-boring)	Pont de Sarenne (galerie)	Prise d'eau
Localisation du point de prélèvement	Aval cascade cote env 722 m	Proximité Pont de Sarenne (certainement identique pour les deux sites)		Aval confluence Rif Brillant
Débit prélevé dans la Sarenne	3 l/s	10 l/s	10 l/s	2 l/s
Localisation du point de rejet	Aval cascade cote env 722 m	Idem point de prélèvement pour le trou pilote Aval cascade (plateforme usine) pour l'alésage et le marinage.	Idem point de prélèvement	Aval chantier prise d'eau (quelques dizaines de m en aval du point de prélèvement)
Débit rejeté dans la Sarenne	3 l/s	2 l/s trou pilote 15 l/s en phase d'alésage du puits	11 l/s	2 l/s

Les débits indiqués ci-dessus sont des débits maximums journaliers. Les travaux n'étant pas tous concomitants, il s'agit bien d'une hypothèse maximale pour les besoins en eau. La répartition des prélèvements/ rejets pourra être adaptée en fonction des besoins des différents sites de travaux, mais respectera par point de prélèvement/rejet les valeurs maximales de 20 l/s pour le prélèvement et 25 l/s pour le rejet.

Comparaison avec les débits naturels de la Sarenne :

Le graphique ci-dessous donne les débits moyens mensuels de la Sarenne.

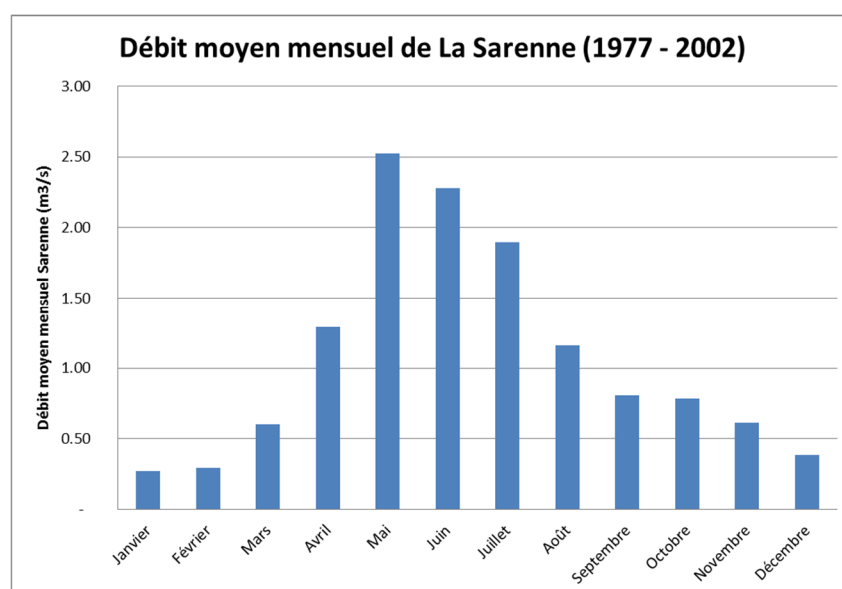


Fig. 13. Débit moyen mensuel de La Sarenne (1977-2002)

Le prélèvement maximum envisagé pour chaque point de prélèvement (20 l/s) représente 1.85 % du module de la Sarenne (= 1.08 m³/s) et 7.8 % du débit mensuel quinquennal sec ($Q_{MNA5} = 256$ l/s). Ce débit est restitué

au cours d'eau après passage dans la station de traitement ou via les bassins de décantation au droit de chaque site de rejet.

Le rejet maximum envisagé pour chaque point de rejet (25 l/s) est dilué dans un débit 43 fois supérieur dans le cas du module de la Sarenne (1.08 m³/s), dans un débit 10 fois supérieur pour le débit mensuel quinquennal sec (256 l/s).

L'impact de ces prélèvements n'est donc pas significatif par rapport à l'hydraulicité de la rivière.

6.2. CONTROLE DE LA QUALITE DES EAUX

Entre l'amont de la prise d'eau et l'aval de la future centrale, la qualité des eaux de la Sarenne est bonne (vert) à très bonne (bleu) d'après les classes d'aptitudes à la biologie du SEQ'EAU. Un contrôle systématique de la qualité de l'eau sera mis en œuvre en sortie des dispositifs de traitement et dans la Sarenne, en amont et en aval des points de rejets, afin de s'assurer de la non-dégradation de la classe de qualité.

	Fréquence	Points de contrôle	Type de mesure	Paramètres	Objectif
Contrôle courant	1x par jour pendant toute la durée du chantier avec rejet d'eau	Sarenne amont	Instantanée, in situ	Température, pH, oxygène dissous (concentration + saturation), turbidité	Maintien de la classe de qualité entre Sarenne amont et Sarenne aval
		Sarenne aval			
		Sortie station de traitement			
Contrôle complémentaire	2x par semaine les 6 premières semaines, puis 1x par mois jusqu'à la fin du chantier avec rejet d'eau	Sarenne amont	In situ + analyses en laboratoire	In situ : pH, température oxygène dissous (concentration + saturation), turbidité En laboratoire : MES, HAP, DBO5, DCO, carbone organique, NH4+, azote Kjeldahl (NKJ)	Maintien de la classe de qualité entre Sarenne amont et Sarenne aval
		Sarenne aval			
		Sortie station de traitement			

7. GESTION DES MATERIAUX EXCAVES

La gestion des déblais, issus des percements de la galerie amont, de forage du raise-boring, a été réfléchi de manière à :

- En premier lieu, limiter la quantité de déblais par une optimisation des diamètres de creusement des puits et galeries ;
- Privilégier la destination des matériaux excavés sur les sites même d'excavation, à des fins d'aménagement des sites / accès des ouvrages, dans l'emprise foncière associée à l'aménagement ;
- Limiter le transit sur les axes secondaires, en particulier sur la RD211a afin de réduire les nuisances sur le hameau de la Salle et La Garde (riverains, activités liées au tourisme...) ;
- Concentrer le transit des déblais par camions sur les plus gros axes routiers (RD211, vallée de Bourg d'Oisans)
- Permettre la valorisation des matériaux non ré-employés par l'entreprise titulaire du marché.

NOTA : Les volumes indiqués ci-dessous sont des volumes non foisonnés.

7.1. PRISE D'EAU

Le chantier de la prise d'eau sera excédentaire d'environ 4 500 m³ de matériaux grossiers qui pourront être valorisés en vallée. Il est attendu pour cela environ 5 à 10 camions 32 t par jour pendant 2 mois.

7.2. GALERIE AMONT

Les déblais générés au niveau de la galerie amont sont :

- Ceux issus de l'excavation du tunnel. Le volume sera compris entre 24 000 m³ pour un diamètre de tunnelier de 3.5m et 28 000 m³ pour un diamètre de tunnelier de 3.8m (en effet de diamètre n'est pas encore arrêté à ce jour, il dépend du parc matériel de l'entreprise retenue).
- Ceux issus de la préparation du site de dépôt : décapage de la terre végétale (remise en place en fin de travaux), déblais limoneux, création de redans. Les déblais générés représentent environ 7 700m³ (dont 3 500 m³ de déblais limoneux).

La gestion de ces déblais s'organisera de la manière suivante :

- Création d'un site de dépôt d'une capacité de 33 000 m³ créant à son sommet une plateforme supérieure de 1 800 m² en bordure de RD211a, à 200m de la sortie de la galerie amont, destinée au stockage des viroles de la conduite forcée. Si le diamètre du tunnelier était de 3.8m, le site de dépôt serait agrandi vers le nord-est d'une surface projetée d'environ 3000 m² ; ce qui porterait la capacité du site de dépôt à environ 35 000 m³
- Remblaiement définitif du site de la plateforme intermédiaire (environ 2 000 m³)
- Un volume d'environ 3 500 m³ pouvant potentiellement ne pas être stockables. Il s'agit des matériaux limoneux potentiellement impropres à leur réutilisation en remblai. L'évacuation de ces matériaux représente le transit 7 camions par jour pendant 2 mois via la RD211a, puis sur la RD211.

Les déblais amiantifères (teneur en fibre supérieure à 0.1% en masse) et les déblais issus des travaux en mode sous-section 4 seront en priorité destinés à la constitution de la plateforme prévue le long de la RD211a.

7.3. RAISE-BORING ET TRANCHEE

Raise-boring :

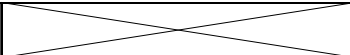
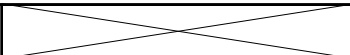
Les matériaux d'excavations se présenteront sous forme d'écaillés de roche, identiques à ceux du tunnelier. Ils seront évacués par la galerie existante vers un site de dépôt dans la vallée.

Tranchée et tête de puits :

Les matériaux issus du terrassement de la tranchée et de la fouille en tête de puits seront réutilisés pour le remblaiement de la fouille et de la tranchée. L'excédent sera évacué vers un site de dépôt dans la vallée de Bourg d'Oisans.

7.4. RECAPITULATIF DU DEVENIR DES MATERIAUX EXCEDENTAIRES

Le tableau ci-dessous récapitule la gestion des déblais :

	Volume en m3			Présence potentielle d'amiante (O / N)	Destination définitive des matériaux
	Déblais (m3)	Remblais (m3)	Matériaux excédentaires à évacuer		
SITE PRISE D'EAU					
Travaux préparatoires PE (travaux réalisés en septembre - oc 2017)	1500	2000	NON	NON	
Ensemble des travaux seuil / prise d'eau	5000	500	4500	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
SITE INTERMEDIAIRE LE LONG DU RD211a					
Travaux préparatoires pour la réalisation de sondages géotechniques					
Travaux préparatoires galerie intermédiaire	5900	5900	0	NON	Plateforme de dépôt RD211A
Creusement Galerie amont (dans l'hypothèse d'un diamètre de tunnelier de 3,5m)	31500	28000	3500	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
			0	OUI	Plateforme de dépôt RD211A et plateforme entrée galerie
Creusement Galerie amont (dans l'hypothèse d'un diamètre de tunnelier de 3,8m)	34700	31200	3500	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
			0	OUI	Plateforme de dépôt RD211A et plateforme entrée galerie. Dans ce cas la plateforme est agrandie côté galerie
Tranchée pour conduite	1820	910	910	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
Plateforme tête de puits	4000	3200	800	NON	Plateforme tête de puits
				NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
SITE CENTRALE					
Travaux préparatoires plateforme de la centrale	2300	0	2300	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
Raise-boring	2000	0	2000	OUI	Dans la galerie existante (niches - caverne) et évacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché
Terrassement centrale et restitution	300	30	270	NON	Evacuation en vallée par l'entreprise titulaire du marché

Tabl. 3 - Volumes de déblais et remblais pour les différents sites / Destination des matériaux

7.5. PLATEFORME LE LONG DE LA RD211A

Pour le stockage des viroles (tubes) de la future conduite forcée de l'aménagement hydroélectrique (section amont), une plateforme d'environ 1 800m², en bordure de la RD211a est nécessaire.

Cette plateforme sera constituée :

- des déblais issus de l'aménagement de la plateforme d'attaque de la galerie amont ;
- des déblais de percement de la galerie elle-même (amiantifères ou non) ;

Cette plateforme est positionnée à l'intérieur d'un virage de la RD11a afin de développer une surface utile maximale de plateforme de l'ordre de 1 800m². La topographie impose quant à elle un talutage rejoignant la piste existante créée en contrebas pour les sondages aval (voir plan coupe ci-après), cette dernière participant par ailleurs à l'amenée des déblais, compactage...

Son aménagement mobilisera une emprise au sol de ~ 5 600 m² avec une capacité d'accueil d'environ 33 000 m³ de matériaux.

A la fin des travaux le talus de la plateforme sera renaturé.

A terme, le maintien de la plateforme est rendu nécessaire pour des raisons d'exploitation et de maintenance. Après la fin des travaux et en phase d'exploitation, elle permettra le stockage complémentaire en cas de maintenance lourde ou d'intervention d'urgence sur les équipements, notamment de la galerie amont (par exemple : remplacement d'éléments de conduite forcée, stockage de matériel, base vie pour les entreprises...).

En dehors de ces utilisations, cette plateforme servira de parking avec point de vue et d'aire d'information touristique pour le sentier piétonnier existant en contrebas.

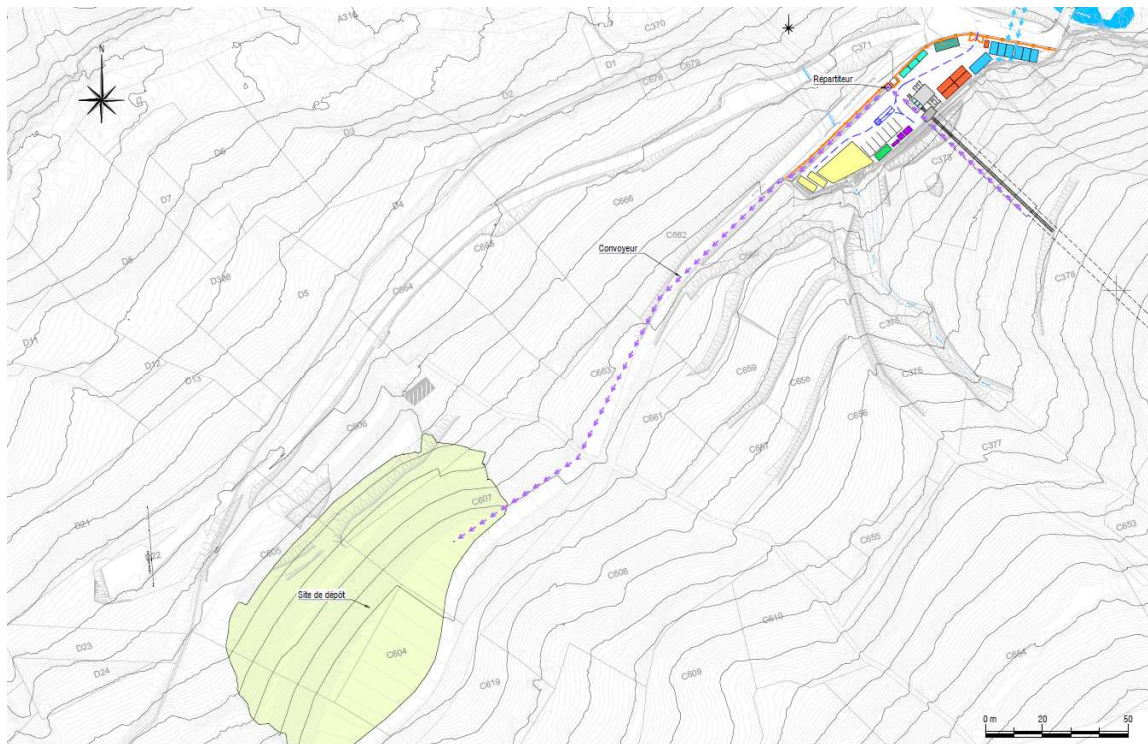


Fig. 14. Aménagement de la plateforme et du site de dépôt le long de la RD211a (installations de chantier en phase travaux)

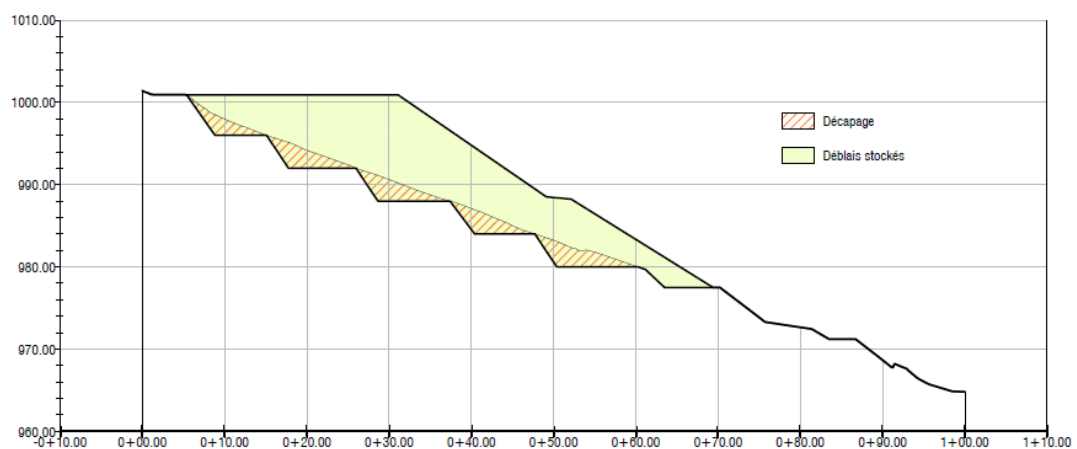


Fig. 15. Profil type de la plateforme et du site de dépôt aménagée le long de la RD211a

Un dossier d'exécution de travaux spécifique a été déposé fin 2017 (« Travaux préparatoires ») pour les premiers travaux de cette plateforme et concernent :

- Le déboisement de la partie basse de l'emprise de la plateforme et de son talus (couvrant 7 000 m²) ;
- Le décapage de la terre végétale sur la surface ;
- Le début de constitution de la plateforme avec déblais issus du terrassement de la plateforme d'entrée de la galerie amont d'une partie de la zone (avec environ 5 900m³).

7.6. DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES CHUTES DE BLOCS

Les sites de travaux de l'usine, de la prise d'eau et de la plateforme d'attaque de la galerie intermédiaire ont déjà été sécurisés vis-à-vis des risques de chutes de blocs. Ces travaux ont été exécutés fin 2016 pour le site de l'usine, et à l'automne 2017 pour les sites de la prise d'eau et de la galerie intermédiaire.

Ces travaux de sécurisation ont été autorisés au titre de 3 demandes d'exécution de travaux dont les autorisations ont respectivement été accordées les 7/03/2016, 14/03/2017 et 28/08/2017 par le Préfet de l'Isère.

Les travaux réalisés sont rappelés ci-dessous :

- Centrale : purges manuelles, ancrages de confortement, pose d'un grillage sur talus rocheux, mise en place d'une barrière de protection de 35 m de longueur.
- Galerie amont : purges manuelles, pose d'une barrière de protection de 100 m de longueur environ.
- Prise d'eau : purges manuelles, ancrages de confortement, mise en place de 3 écrans ETAG 27 de 3 à 5m de hauteur, pour une longueur totale de 82m.

Ces dispositifs pourront être complétés, si nécessaires, lors des travaux préparatoires. Le bureau d'études SAGE est en charge du suivi géotechnique de ces ouvrages.

8. ANALYSE DE RISQUE EN PHASE CHANTIER

Parmi les risques liés à la phase chantier, qui seront pris en compte dans le cadre de l'inspection du travail, certains peuvent être identifiés comme relevant de la sécurité publique. Il s'agit notamment des risques liés à la potentielle présence d'amiante dans les roches excavées, ainsi que les risques d'endommagement de constructions existantes ou de nuisance vis-à-vis des riverains liés aux travaux de déroctage à l'explosif des plateformes.

La valorisation ou le stockage local des déblais relatifs à la galerie amont permet d'éviter un important trafic routier au niveau de plusieurs hameaux de La Garde, et ainsi de réduire fortement les nuisances pour les riverains.

8.1. RISQUES AMENES PAR LE CHANTIER

8.1.1. Présence d'amiante

La présence potentielle de fibre d'amiante dans les roches a été appréhendée au moyen d'une étude A1 (recherche préalable d'amiante dans les roches) et d'une étude A2 (localisation des zones susceptibles de contenir des matériaux amiantifères) qui ont été mise à jour en tenant compte de l'évolution de la conception du projet. Le risque de rencontre de roche amiantifère ne pouvant être exclu, des moyens adaptés seront mis en place en phase chantier, par mise en place de procédures suivant le contexte géologique traversé permettant l'anticipation des moyens de protection collective et individuels. Cette gestion du risque amiante

est basée sur la recherche à l'avancement (analyse macroscopique, analyse des boues de cutting, forage à l'avancement, observation de précurseurs) et sur le respect des dispositions législatives en cas de présence avérée lors des investigations. Ces méthodologies seront validées par l'Administration.

Des mesures de désaérosolisation sont prévues au front et à l'extérieur des galeries afin de s'assurer de la non-incidence des travaux sur l'air environnant.

Plusieurs échanges ont eu lieu en 2017 puis en 2019 avec la DREAL et la CARSAT pour présenter les dispositifs envisagés. Les échanges se poursuivront avec l'entreprise titulaire du marché de creusement.

Une annexe spécifique est fournie au dossier sur la gestion du risque amiante. Cette annexe est un principe qui sera adapté avec de la méthodologie réellement employée (tir à l'explosif sur une partie, tunnelier, puits en raise-boring). La CARSAT et la DREAL seront interrogées au fur et à mesure des adaptations envisagées.

8.1.2. Déroctage à l'explosif

Concernant les risques de dégradation des avoisinants lors des travaux de creusement, l'éloignement des zones de déroctage par rapport aux zones habitées est un critère largement réducteur de l'impact de ces travaux ; en effet :

- L'attaque du creusement de la galerie amont se situe à près de 350 m des premières habitations (hameau de La Salle) ; puis la galerie s'enfonce rapidement dans le massif à l'écart de tout secteur habité.
- les terrassements à l'explosif nécessaires pour le site de la centrale génèrera du bruit et des vibrations vis-à-vis des avoisinants, de manière temporaire (1 mois).

Les tirs de mine la nuit de 20h à 7h à proximité des sites sensibles suivront les prescriptions suivantes :

- Pour le percement de la galerie amont : pas de tir de mines pour les terrassements extérieurs et dans les 50 premiers mètres de galerie pour les tirs de mine en souterrain ;

Des constats pourront être réalisés avant le démarrage des travaux afin de disposer d'un état des lieux préalable.

Concernant les risques de dégradation des avoisinants lors des travaux de déroctage, il conviendra d'adapter le phasage et la méthodologie de tir afin de protéger les bâtiments existants environnant la plateforme. Il convient pour cela d'utiliser un rideau anti-projection en pneus, et de réaliser des tirs réduits en limitant les longueurs et profondeurs des volées d'abattage et en limitant la charge spécifique d'explosif.

Sur cette zone, un huissier pourra constater la situation actuelle des bâtiments les plus proches avant démarrage des travaux, et les vibrations seront contrôlées en phase test avant le chantier et au cours des travaux.

Pour le déroctage au droit de la prise d'eau, l'éloignement des zones de déroctage par rapport aux zones habitées est un critère largement réducteur de l'impact de ces travaux. De plus, les travaux de déroctage couvrent une période très limitée du fait des faibles volumes à dérocter (1 à 2 mois).

8.1.3. Perturbation de la circulation au niveau de l'attaque de la galerie amont

- Les engins de chantier et véhicules circulant sur la route seront protégés des chutes de pierre et autres instabilités de versant par le dispositif de barrière grillagée prévu sur le versant, surmontant les talus de la plateforme.
- La circulation sur la RD211a aux environs du chantier sera ponctuellement régie par alterna à l'aide des systèmes de feux de chantier, par exemple, lors de certaines phases de livraison.

8.2. USAGE D'EXPLOSIFS PAR L'ENTREPRISE TITULAIRE

Les travaux de minage et travaux relatifs à l'usage d'explosifs sont encadrés par le Décret N° 87-231-Du 27 Mars 1987.

8.3. RISQUES NATURELS

8.3.1. Plateforme de la galerie amont

Les risques identifiés au niveau de la plateforme d'attaque de la galerie amont, et de la plateforme le long de la RD211a sont les chutes de blocs ou éboulements. Aucun impact vis-à-vis des tiers n'est identifié dans cette zone. Le risque sera maîtrisé de la manière suivante :

- Par les filets de protection déjà installés au droit de la plateforme d'attaque.
- Les ouvrages à forte pente (remblais, talus) seront traités dans les règles de l'art avec calcul de stabilité et mise en œuvre d'une protection de surface adaptée par protection végétale (hydroseeding) ou mécanique, (gabions, grillages, toile de jute, etc.).

Concernant le risque avalanche, les secteurs d'intervention (plateforme d'attaque de la galerie de reconnaissance comme la plateforme de montage des viroles) sont protégés en amont par la forêt des versants qui les surplombent.

Concernant le risque de crues exceptionnelles de la Sarenne qui pourrait inonder la galerie amont après la fin du creusement, l'entreprise devra se doter d'un système de prévision et de détection de crue en amont de la prise d'eau. Des seuils de vigilance, d'alerte et d'urgence seront définis au démarrage du chantier. Des actions de mise en sécurité du personnel et du matériel y seront associés.

8.3.2. Site centrale

Les risques identifiés au niveau du site de la centrale sont les chutes de blocs ou éboulements, avalanches et crues.

Vis-à-vis des risques de chutes de bloc et avalanches, des travaux préliminaires dans le cadre de la démolition de l'ancienne usine hydroélectrique de Sarenne ont été réalisés fin 2016 et début 2017, et sécurisent à ce jour l'accès à la galerie existante et la zone d'implantation de la future centrale.

La plateforme de travail au niveau de la galerie existante est protégée à une cote supérieure à la cote de crue centennale.

8.3.3. Prise d'eau

Les risques identifiés sont : la chute de blocs, les avalanches (au niveau de la piste d'accès principalement), les crues de la Sarenne.

Un batardeau sera mis en place pour protéger le chantier des crues courantes. L'entreprise sera tenue de s'informer quotidiennement de la météo. Un système de détection de niveau d'eau avec un avertisseur visuel et sonore sera mis en place ; permettant une évacuation du chantier. Les engins seront déplacés à proximité sur des plateformes hors d'eau ; tous les soirs et les week-ends.

Les interventions sur la prise d'eau se feront principalement en dehors de la période hivernale ; donc en dehors du risque d'avalanche. En cas d'intervention en période hivernale, les entreprises s'informeront du risque d'avalanche à la station de l'Alpe d'Huez, risque qui conditionnera la faisabilité des interventions.

Concernant la chute de blocs, des travaux de sécurisation ont été réalisés à l'automne 2017 afin de sécuriser le site de la prise d'eau.

9. ANALYSE DES RISQUES EN PHASE EXPLOITATION

Cette analyse préliminaire concerne le risque en phase d'exploitation pour les tiers (biens et personnes). Les principaux risques sont indiqués notamment :

- Risque de rupture de conduite forcée
- Risque à l'aval de la prise d'eau,
- Risque en cas de déclenchement à l'usine.

9.1. RISQUES LIES A UNE RUPTURE DE LA CONDUITE FORCEE

9.1.1. Référentiel

Extrait du Référentiel pour la réalisation d'une étude de dangers relative aux conduites forcées principales et aux matériels annexes (INERIS, Décembre 2013) :

" L'analyse générique de la rupture d'une conduite forcée et le retour d'expérience montrent que la libération d'eau sous pression peut engendrer plusieurs phénomènes dangereux en chaîne. Les phénomènes dangereux potentiellement induits sont différents si l'on considère une conduite forcée souterraine ou une conduite aérienne".

Plus précisément, concernant les conduites forcées souterraines solidaires du rocher, la rupture peut engendrer :

- La déstabilisation du massif rocheux, qui se manifeste par un soulèvement du massif, le basculement d'une paroi, voire un glissement banc sur banc selon la configuration géologique locale ;
- Des glissements d'emprise limitée dans la couche superficielle meuble ;
- Des écoulements avec transport solide, résultants de l'action érosive de l'eau sur la couche superficielle meuble ;
- Une montée du niveau d'eau dans les talwegs, en envisageant la vidange d'une retenue provisoire créée par les écoulements avec transport solide ou les mouvements de terrain associés à la déstabilisation du massif.

D'autre part, concernant les conduites forcées aériennes, la rupture peut engendrer :

- Une projection d'eau à forte vitesse et de grande section, après déstructuration locale des remblais s'il s'agit d'une conduite remblayée ;
- Des glissements d'emprise limitée dans la couche superficielle meuble ;
- Des écoulements avec transport solide, résultants de l'action érosive de l'eau sur la couche superficielle meuble ;
- Une montée du niveau d'eau dans les talwegs, en envisageant la vidange d'une retenue provisoire créée par les écoulements avec transport solide. »

9.1.2. Cas de rupture de conduite envisagé sur l'aménagement de la Sarenne et conséquences

Dans le cas de l'aménagement de la Sarenne, les cas de rupture identifiés sont les suivants :

- **Cas de rupture des revêtements en béton non-armé de la galerie amont avant entonnement :**
Le tronçon amont de la galerie amont n'est pas revêtu et le risque d'hydro-fracturation du terrain est écarté compte-tenu des critères de recouvrement et d'épaulement (cf. 5.4.2). Des revêtements en béton non armé sont prévus pour les zones fissurées à forte perméabilité afin de réduire les pertes hydrauliques. Ces revêtements ont été dimensionnés en étant déjà fissurés, et leur perméabilité réduite est garantie durant toute la durée d'exploitation. Ce point associé au fait que les fractures et failles reconnues sont très fermées et peu perméables permet de considérer comme très peu probable le risque d'écoulement et de pertes jusqu'en surface (gorges de la Sarenne).
- **Cas d'une rupture sur le tronçon de conduite forcée en galerie amont après entonnement :** dans ce cas, la rupture engendrera l'inondation de la galerie amont. La vidange accidentelle de la totalité du volume compris en amont de la rupture dans la galerie produirait un volume d'environ 10 000 m³ d'eau. Ce volume d'eau commencera par remplir la galerie jusqu'à une hauteur de 2m environ à l'entrée (surverse au-dessus de la porte anti-submersion, prévue pour stopper une vague), il ira ensuite inonder la plateforme intermédiaire puis la RD211a, et enfin ira se déverser en contrebas dans la Sarenne, soit par le système d'assainissement de la plateforme soit à flanc de versant. Ce parcours est très localisé et sans présence humaine permanente (pas d'habitations).
- **Cas d'une rupture sur le tronçon extérieur et enterré entre la galerie amont et la tête de puits :** Dans ce cas l'écoulement pourra inonder localement la RD211a ou plus probablement le versant sud en contrebas. Le débit libéré sera conséquent du fait de la charge au droit de la rupture. Il s'agit toutefois d'un tronçon ponctuel limité, non linéaire et sans présence humaine permanente. De plus, la conduite y est entièrement enterrée et chaque coude est bétonné par un massif d'ancrage comme sécurité additionnelle. En effet, le remblai participe également à la reprise des forces de déviations par frottement le long de la conduite forcée.
- **Cas d'une rupture sur le tronçon en raise-boring ou galerie existante :** dans ce cas, la rupture engendrera l'inondation de la galerie aval existante, puis l'inondation de la plateforme autour de la centrale jusqu'à la Sarenne.

9.1.3. Parades identifiées

9.1.3.1. VANNE DE SECURITE ET SYSTEME DE DETECTION DIFFERENTIELLE

Face au risque de rupture de la conduite forcée, une vanne de tête de sécurité située en début de dessableur, est prévue. Cette vanne se fermera automatiquement par effet mécanique, sans apport d'énergie électrique, dès lors qu'une anomalie ou défaillance est détectée. Il est notamment prévu d'installer une palette de survitesse et un débitmètre électromagnétique en tête de conduite forcée immédiatement à l'aval de la galerie hydraulique. Une détection de surdébit différentielle entre ce point et le débit turbiné à la centrale permettra en tout temps d'actionner automatiquement la fermeture de la vanne de tête en amont du circuit hydraulique.

Ce dispositif permet d'arrêter l'alimentation du chemin d'eau et empêcher la vidange des ouvrages de prises et de retenue.

9.1.3.2. Porte anti-submersion

L'entrée des galeries amont et aval seront obturées par une porte barrage anti-submersion renforcée, dimensionnée pour résister à une pression d'eau de 10 m CE.

Ce dispositif permettra de limiter les dégâts causés par une vague, en cas de rupture brutale de la conduite sur le tronçon correspondant. L'objectif de la porte et du mur anti-submersion est donc de résister à la rupture de flexion par choc.

La galerie aval, quasi-horizontale, pourra servir de stockage temporaire si une fuite dans le puits ou la galerie survenait (volume de stockage d'environ 5 000 m³).

9.1.4. Bilan

Les risques liés à une rupture de conduite sont maîtrisés, que ce soit pour l'aménagement hydroélectrique lui-même comme pour les autres ouvrages et aménagements voisins : bâtiments adjacents, camping en rive gauche et route départementale.

9.2. SYNTHÈSE DES RISQUES LIÉS À L'AMÉNAGEMENT

Localisation	Risque	Source de risque	Vraisemblance	Conséquences	Niveau de risque	Parade	Niveau de risque résiduel
Prise d'eau	Baisse du niveau de la retenue	Défaillance de la vanne de chasse de la prise d'eau	Peu probable	Faible : plus d'alimentation de la galerie amont et de l'usine	Significatif acceptable	Contrôles, auscultation, tournées d'inspection régulières des organes hydromécaniques	Significatif acceptable
	Montée brusque du niveau aval	Fermeture intempestive de la vanne de survitesse / Disjonction de l'usine	Probable	Faible : montée brusque du niveau à l'aval de la prise d'eau, sur une faible hauteur	Significatif acceptable	Panneaux de prévention dans les zones fréquentées par les touristes ou les pêcheurs à l'aval	Significatif acceptable
Chambre de mise en charge	Défaillance de la chambre de mise en charge	Aléa lié au contexte physique : Avalanche, éboulement, Séisme...	Improbable	Moyenne : Destruction de la chambre de mise en charge et fuite dans la Sarenne : montée brusque du niveau à l'aval de la prise d'eau, sur une faible hauteur	Significatif acceptable	Panneaux de prévention dans les zones fréquentées par les touristes ou les pêcheurs à l'aval	Significatif acceptable
Galerie Amont (avant entonnement)	Fuite importante à travers le massif rocheux	Endommagement du revêtement béton	Peu probable	Écoulements en talweg, pertes hydrauliques et baisse du productible	Risque négligeable		
Galerie Amont (après entonnement)	Rupture de la conduite en charge	Défaut de soudure, corrosion accélérée de la conduite, chute de bloc ou éboulement d'une partie du toit de la galerie, défaut de résistance lors d'un séisme. Pour le 1 ^{er} tronçon en fonte ductile, la source de risque correspond au déboitement de la conduite au droit du joint.	Peu probable ; l'origine du désordre la plus probable serait le défaut de soudure ou la corrosion (traitement local des blocs instable par béton projeté + clouage) . Pour la partie en fonte ductile, tous les raccords sont prévus avec verrouillage.	Fortes : Explosion de la conduite dans la galerie ==> cinétique du défaut très rapide Personnel humain impacté en cas de présence dans la galerie. Montée rapide de l'eau dans la galerie, inondation de la plateforme intermédiaire et localement de la RD211A Arrêt de la production Pas d'impact sur le massif ni sur les équipements hors galerie	Risque important à surveiller (impact humain potentiel, si personnel présent dans la galerie)	Contrôles chantier+exploitation, auscultation, tournées d'inspection régulières	Significatif acceptable
Section en tranchée	Rupture de la conduite en charge	Défaut de soudure, corrosion accélérée de la conduite.	Peu probable ; l'origine du désordre la plus probable serait le défaut de soudure ou la corrosion.	Moyennes : Rupture de la conduite dans la tranchée ==> cinétique du défaut très rapide Écoulements en versant vers la Sarenne => pas de présence humaine Arrêt de la production	Significatif acceptable		Significatif acceptable

Galerie Aval	Rupture de la conduite en charge	Défaut de soudure, corrosion accélérée de la conduite, chute de bloc ou éboulement d'une partie du toit de la galerie, défaut de résistance lors d'un séisme	Peu probable ; l'origine du désordre la plus probable serait le défaut de soudure ou la corrosion (traitement local des blocs instable par béton projeté + clouage)	Fortes : Explosion de la conduite dans la galerie ==> cinétique du défaut très rapide Personnel humain impacté en cas de présence dans la galerie. Montée rapide de l'eau dans la galerie, inondation de la plateforme de la centrale Arrêt de la production Pas d'impact sur le massif ni sur les équipements hors galerie	Risque important à surveiller (impact humain potentiel, si personnel présent dans la galerie)	Contrôles chantier+exploitation, auscultation, tournées d'inspection régulières	Significatif acceptable
---------------------	----------------------------------	--	---	--	---	---	-------------------------

Matrice des risques		Conséquences			
		Faibles	Moyennes	Fortes	Très fortes
Vraisemblance	improbable	1	2	3	4
	très peu probable	2	4	6	8
	peu probable	3	6	9	12
	possible	4	8	12	16
		NR < 2	Risque négligeable/mineur		
		2 < NR < 5	Risque significatif mais acceptable		
		5 < NR < 10	Risque important à surveiller		
		NR > 10	Risque inacceptable		

9.3. RISQUES LIES A L'ENVIRONNEMENT NATUREL DU PROJET

9.3.1. Ouvrages de prise

Les événements identifiés au niveau des ouvrages de prise considérés comme porteurs de risque sont :

- Les crues de la rivière,
- Les chutes de blocs ou éboulements,
- La reptation de neige et/ou avalanches,

Ces risques seront maîtrisés de la manière suivante :

- La retenue présente un très faible volume et à ce titre ne présente de risque d'inondation ou de génération d'onde de submersion significative à l'aval ;
- Le seuil est un ouvrage béton massif de faible hauteur qui génèrera un ressaut à l'aval potentiellement important en crue. Un bassin de dissipation est prévu à l'aval du seuil pour le contenir. Il faut toutefois préciser que la perturbation apportée au niveau du seuil l'est sur une rivière torrentielle de montagne déjà enclin à un régime perturbé ;
- L'ouverture de la (ou des) vanne de chasse paraît aussi être un moyen d'évitement de perturbation du régime de la rivière sous forte crue ;
- Les arases d'aménagement sont conçues pour maîtriser les eaux jusqu'en crue centennale. Au-delà de la crue centennale, des déversements anarchiques pourraient avoir lieu sans pour autant immédiatement inquiéter la pérennité des ouvrages. Les ouvrages béton fondés sur fondation meuble (plutôt en rive droite) seront plus sensibles cela dit à l'effet de débordements que ceux fondés au rocher (en rive gauche).
- Vis-à-vis des risques de chutes de bloc, des travaux préliminaires seront réalisés permettant de sécuriser les accès et l'ouvrages de prise. Notons que des filets de protection ont d'ores et déjà été installés au droit des ouvrages sujet à ce type de risque, en rive gauche.

9.3.2. Tête de la galerie amont

Les risques identifiés au niveau de la tête de galerie intermédiaire sont :

- Les chutes de blocs ou éboulements à l'aval de la zone de travaux, lors des excavations.

Aucun impact vis-à-vis des tiers n'est identifié dans cette zone. Le risque sera maîtrisé de la manière suivante :

- Des filets de protection seront installés au droit des ouvrages et zone de dépôt lors des travaux.
- Les ouvrages à forte pente (remblais, talus) seront traités dans les règles de l'art avec calcul de stabilité et mise en œuvre d'une protection de surface adaptée par protection végétale (hydroseeding) ou mécanique, (gabions, grillages, toile de jute, etc.).

9.3.3. Ouvrages aval

Les risques identifiés au niveau de la centrale et dans la zone aval sont les chutes de blocs ou éboulements, avalanches et crues.

Vis-à-vis des risques de chutes de bloc et avalanches, des travaux préliminaires ont été réalisés pour sécuriser l'accès à la galerie aval et la centrale. Des filets de protection ont été installés au droit des ouvrages.

Vis-à-vis des crues, la conception de l'usine prévoit une protection courante contre la crue centennale. Au-delà, des inondations anarchiques pourront avoir lieu sans pour autant mettre en danger structurellement l'ouvrage. Il faut rappeler que la consigne d'arrêt de la centrale est présagée vers la crue biannuelle (Q₂).

9.3.1. Séisme

Le projet (communes de Bourg d'Oisans, Huez, La Garde) se situe dans une zone de sismicité modérée de type 3.

La conception et le dimensionnement des ouvrages prend en compte ce niveau de risque sismique (conduite forcée, GC, stabilité des ouvrages en terre...)

L'usine de puissance inférieure à 40 MW sera classée en bâtiment de catégorie d'importance II.

10. EXPLOITATION ET ENTRETIEN ULTERIEUR DE L'OUVRAGE

10.1. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

Suivant le cahier des charges de la concession Article 20, « le seuil de la prise d'eau de la Sarenne est classée en catégorie D selon l'article R 214-112 » au sens du décret du 13/12/2007.

Une Visite Technique Approfondie sera réalisée tous les 10 ans.

10.2. ENTRETIEN ULTERIEUR

Mise à sec / Entretien de l'ouvrage de montaison :

Il est envisagé la mise à sec de l'ouvrage de montaison pour des opérations de maintenance :

- Entretien annuel : 1 fois par an pendant 15 jours maximum pour un entretien lourd ;
- Entretien exceptionnel : à prévoir après un évènement de crues en cas de désordres (embâcles, ensablement...). Pour limiter les désordres en cas de crues, il peut être envisagé de fermer de l'ouvrage de montaison en cas de crues.

Entretien de la retenue (y compris sortie de la passe à poissons) :

En fonction des apports sédimentaires, il pourra être nécessaire de dégraver la retenue par des moyens autre que les vannes de chasses. Dans ce cas des interventions de pelles mécaniques sont nécessaires principalement depuis la rive droite de la prise d'eau. Ces interventions pourront être réalisées :

- De manière courante 1 fois par an.
- De manière exceptionnelle, après un évènement de crues avec transport solide important. Compte tenu du volume de la retenue (environ 500 m³), les volumes à curer seront de maximum 500 m³ par opération (c'est une estimation pessimiste).
- Fermeture de la prise d'eau : de la même façon, en cas d'annonce de crue, il pourra être envisagé de fermer la prise d'eau afin de limiter les apports solides dans le dessableur et l'abrasion de la conduite et des turbines.

11. PLANNING DE TRAVAUX

Les travaux sont envisagés à partir de mars 2020.

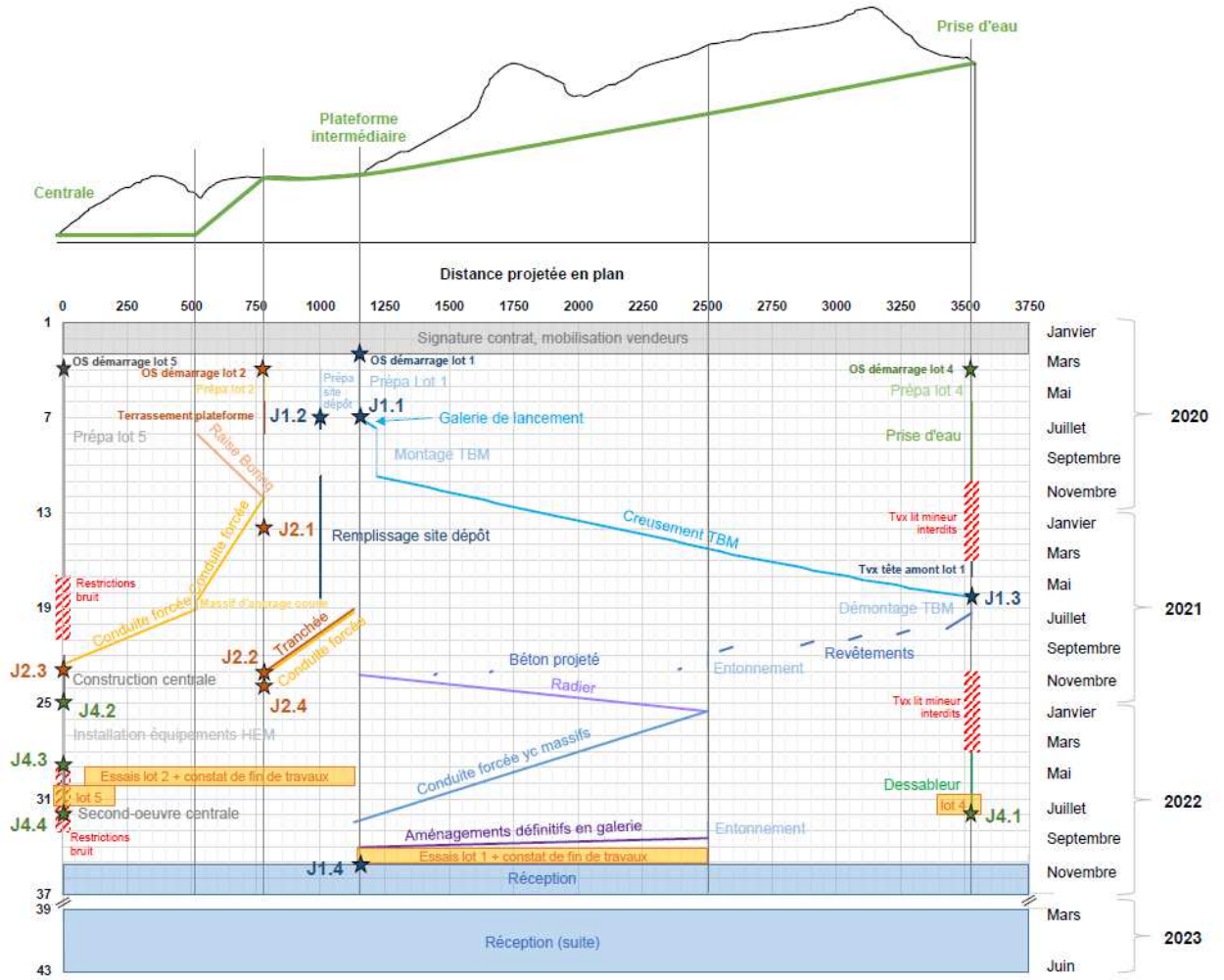
La fin des travaux (signature des Constats de fin de travaux avec les entreprises) est envisagée pour fin 2022.

Les essais de mise en service démarreront ensuite et seront tributaires de l'hydraulicité.

Le planning est présenté ci-dessous en version « chemin de fer » : dimensions temporelle et géographique.

CNR - LA SARENNE

PLANNING CHEMIN DE FER PREVISIONNEL



12. ESTIMATION DES COÛTS DE TRAVAUX

Le coût de l'ensemble des travaux de l'aménagement est estimé à environ 30 millions d'euros hors taxes (hors aléas).

LOTS DE TRAVAUX	Montant (€)	Répartition des coûts
TRONCON AMONT - GALERIE ET CONDUITE FORCEE	18 000 000	55%
TRONCON AVAL - PUIITS, TRANCHEE ET CONDUITE FORCEE	7 000 000	21%
GENIE CIVIL - CENTRALE ET PRISE D'EAU	3 700 000	11%
EQUIPEMENTS ELECTRO-MECANIKES CENTRALE	3 900 000	12%
TOTAL ESTIMATION DES TRAVAUX (HORS ALEAS)	32 600 000	100%

Fig. 16. Coût estimatif des travaux

Les travaux souterrains représentent 76 % des dépenses de construction de la centrale de La Sarenne.

oOo

ANNEXE 1 : Cahier de plans

ANNEXE 2 : Dispositions relatives à la gestion du risque terrain amiantifère lors des travaux