SERHY INGENIERIE
Énergies naturelles

MICROCENTRALE DU COLOMBAN

Description des caractéristiques et techniques

La Léchère

Décembre 2020

SERHY INGENIERIE
Bureau d'Etudes - Exploitation
Parc d'activité Val de Durance
30 Allée des Tilleuls - 04200 SISTERON
Tél. : + (33) 4 92 30 10 54 - Fax. : + (33) 4 92 61 51 17

SERHY INGENIERIE Siège social
1 bis avenue de la Méditerranée - 81240 ST AMANS SOULT
Tél. : + (33) 5 63 98 06 15 - Fax. : + (33) 5 63 97 15 39

EURL au capital de 825 000 €
RCS Castres : 810 610 972 - Siret 810 610 972 00012 - Code APE : 3312Z
N°Intracommunautaire : FR 54 810 610 972

Affaire suivie par Coline PIZZABALLA
coline.pizzaballa@serhy.com
04 92 85 59 66

SOMMAIRE

Sommaire 0
Etude Hydrologique 3
I. Objet de l'étude 3
II. Analyse du bassin versant 4
III. Etude des données issues du seuil de mesure 5
IV. Recherche de données hydrologiques similaires 7
V. Résultats de l'étude hydrologique 9
Débits caractéristiques du Colomban 10
o Module 10
VI. Débit spécifique 10
VII. $QMNA_5$ 10
VIII. VCN3 et VCN10 10
IX. Débits de crue 10
X. Choix des débits du projet 12
- Débit réservé 12
- Débit d'équipement 12
- Débit d'armement 12
- Débits turbinables 13
- Débits dans le tronçon court-circuité 14

XI. Synthèse de l'étude hydrologique et débits retenus 15
Hauteurs et Puissances normalisées 16
o Hauteur de chute brute 16
XII. Hauteur de chute utile 16
XIII. Hauteur de chute nette 16
XIV. Puissance maximale brute (PMB) 17
XV. Puissance maximale disponible (PMD) 17
XVI. Puissance normale brute (PNB) 17
XVII. Puissance normale disponible (PND) 17
Evaluation de la production annuelle moyenne 18
o Débits turbinables 18
XVIII. Rendement global des installations 18
XIX. Productible 18
Volume stockable 19
I. Bassin versant 20
II. Implantation des ouvrages 21
II-1. Prise d'eau 21
A. Emplacement 21
B. Description de l'ouvrage 22
C. Fonctionnement 23
D. Barrage 24
E. Vanne de chasse 24
F. Grille autonettoyante 25
G. Dessableur 26
H. Local technique 26
I. Dispositif de restitution du débit réservé 26
J. Dispositif de dévalaison 27
K. Volumes stockables 27
II-2. Conduite forcée 28
A. Généralités 28

B. Tracé de la conduite 28
II-3. Usine 30
A. Choix de l'emplacement 30
B. Implantation : 32
C. Accès 33
D. Conception générale 33
E. Dalle et sous-œuvre 34
F. Murs 34
G. Toiture 34
H. Puisard de rejet et canal de fuite 34
I. Exemples d'intégration 35
III. Equipements electromécaniques 36
III-1. Définition des ouvrages 36
III-2. Turbine 36
A. Implantation 36
B. Caractéristiques (à confirmer avec le choix de centrale) 36
C. Composition de l'ensemble 36
III-3. Génératrice 37
III-4. Transformateurs 38
A. Transformateur de puissance 38
B. Transformateur des auxiliaires 38
III-5. Armoires de moyenne tension 38
III-6. Armoires de contrôle commande 39
III-7. Equipements divers 39
A. Manutention 39
B. Eclairage, chauffage et prises de courant 39
IV. Récapitulatif des différentes cotes du projet 40
Capacité de production du projet 41
Techniques utilisées 42

ETUDE HYDROLOGIQUE

I. OBJET DE L'ETUDE

L'objectif est de modéliser aussi précisément que possible les débits du torrent au niveau de la prise d'eau. Ces débits permettront de déterminer le débit réservé, de dimensionner les ouvrages et d'estimer le productible de l'aménagement.

Pour cela, nous cherchons à obtenir une chronique de débits journaliers sur la plus longue période possible afin de représenter au mieux l'hydrologie du bassin versant. Nous avons également équipé le torrent d'un seuil de mesure et avons effectué un peu plus d'un an de relevés pour conforter notre modèle.

La méthodologie employée est la suivante :

- Analyse du bassin versant du Colomban
- Etude des données issues du seuil de mesure
- Etude des torrents voisins et des données hydrologiques disponibles
- Création d'un modèle hydrologique utilisant des données existantes
- Analyse du modèle obtenu et détermination des valeurs caractéristiques

II. ANALYSE DU BASSIN VERSANT

Le Colomban est un torrent montagnard qui prend sa source au pied de la Pointe de Combe Bronsin. Le bassin versant, orienté Est, culmine à 2500 mNGF. Le Colomban est un affluent du torrent d'Eau Rousse, la confluence se trouve aux environs de la cote 925 mNGF.

La prise d'eau se trouvera à l'altitude 1457 mNGF. En ce point du torrent, le bassin versant du Colomban est de 5 km². Il est représenté dans la figure ci-dessous.

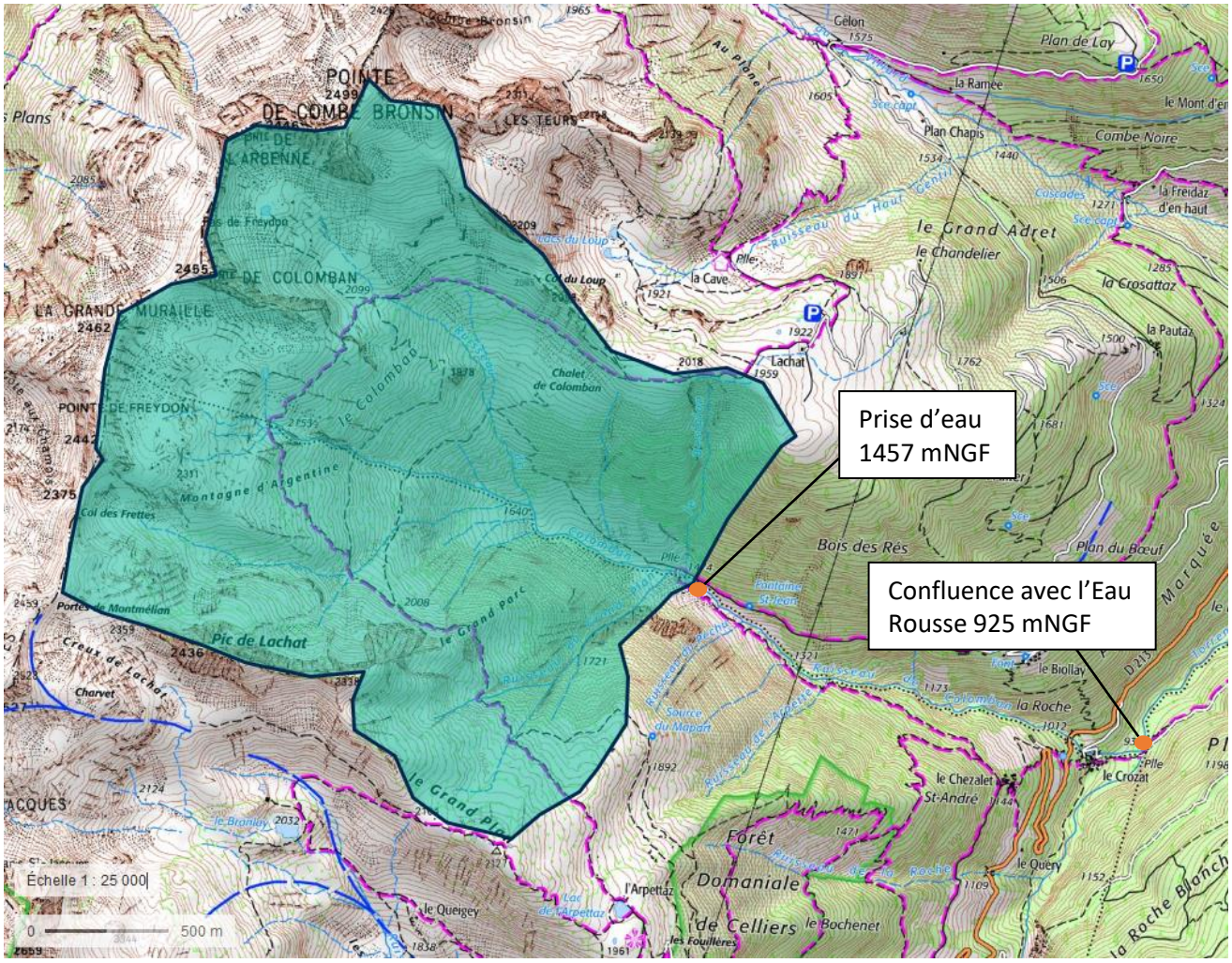


Figure 1 - Bassin versant du Colomban au niveau de la prise d'eau

III. ETUDE DES DONNEES ISSUES DU SEUIL DE MESURE

Un seuil de mesure a été mis en place en aout 2018 sous la passerelle qui traverse le torrent à l'altitude 1470 m NGF environ.

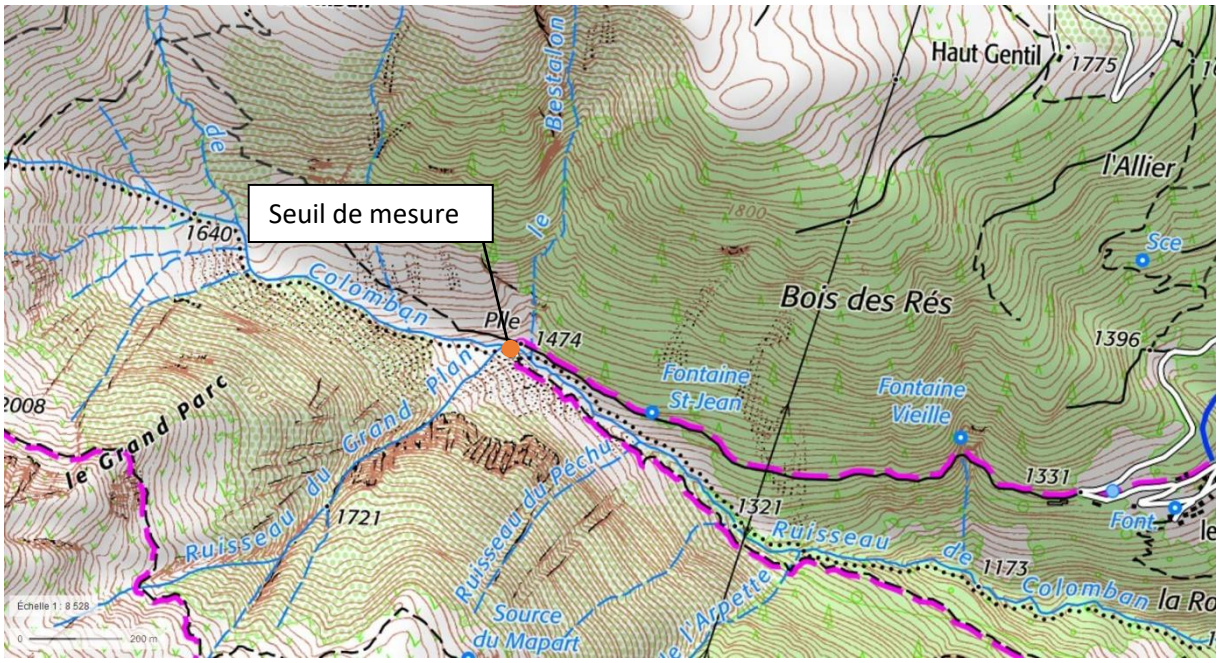


Figure 2 - Emplacement du seuil de mesure

Figure 3 - Seuil de mesure installé en aout 2018

Ce seuil d'une largeur de 3,20 m a été déclaré auprès de la DDT. Il est équipé d'une sonde de niveau mesurant la lame d'eau déversante. En utilisant la formule des déversoirs, vérifiée in-situ par des jaugeages au sel, nous disposons ainsi de plus d'un an de données de débit du torrent.

Dans les premiers temps de son exploitation, le seuil s'est soulevé et n'était plus tout à fait étanche. Cette période identifiée sur le graphe ci-dessous n'est pas prise en compte dans la suite de

l'étude. Par la suite, le seuil n'a plus subit de dysfonctionnement. Nous disposons donc de de plus d'un an de relevés.

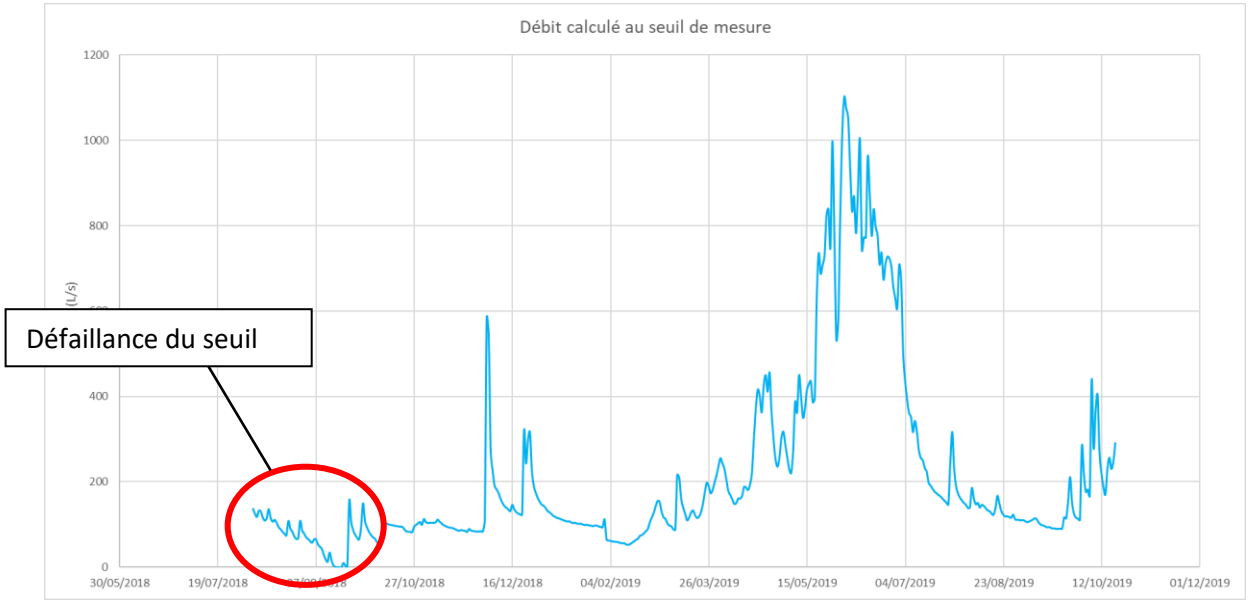


Figure 4 : graphique de débit calculé sur le seuil de mesure

Le seuil étant situé 70 m à l'amont de l'emplacement de la prise d'eau, le bassin versant mesuré n'est que de 4,8 km². Les apports du Bestalon notamment, un affluent rive gauche du Colomban, ne sont pas comptabilisés.

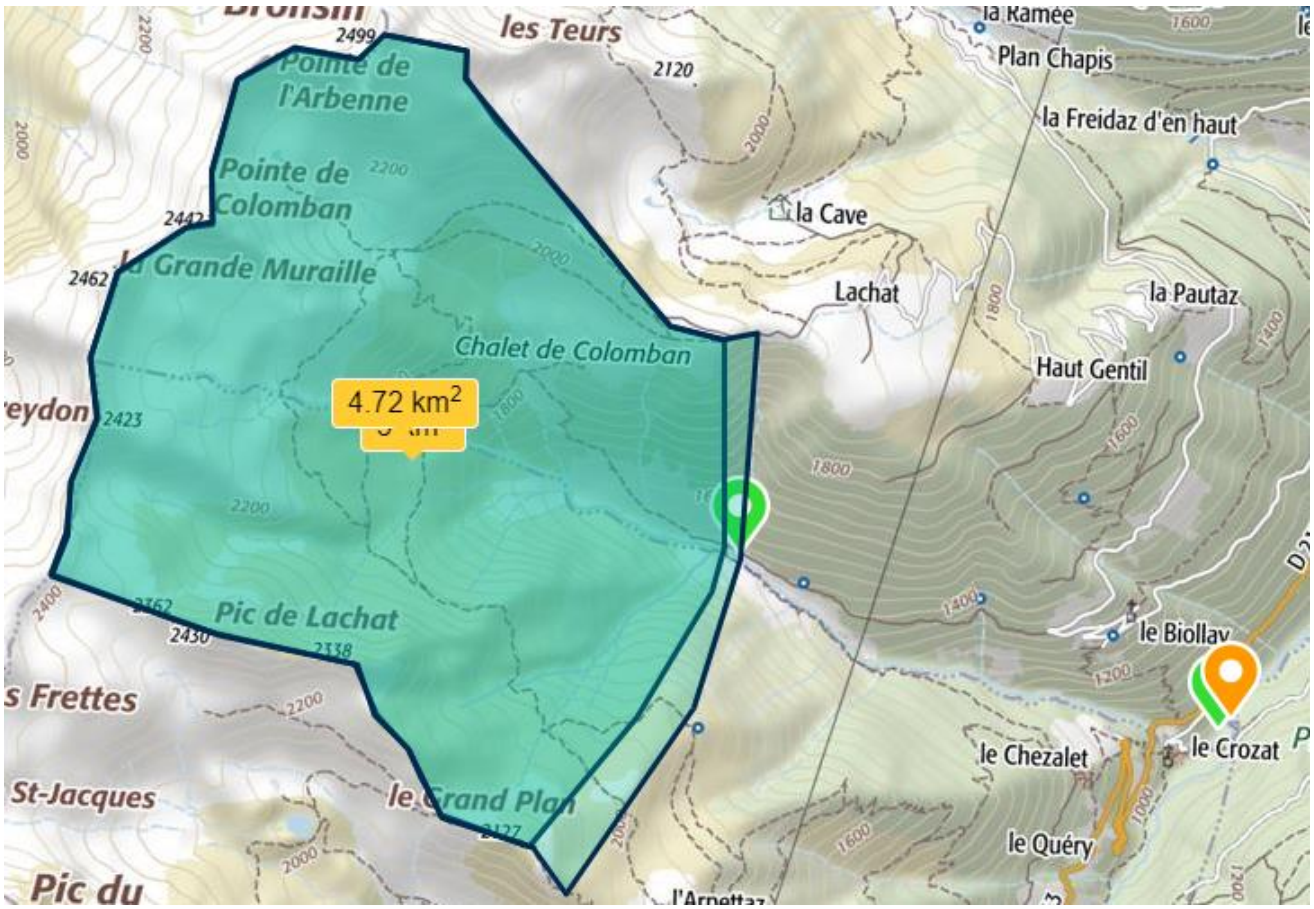


Figure 5 : Différence de bassins versants seuil et prise d'eau

Nous appliquons donc un coefficient de bassin versant à l'ensemble des valeurs mesurées au niveau du seuil pour obtenir les valeurs du débit au niveau de la futur prise d'eau :

$$\text{Coeff } Seuil/Prise\ d'Eau = \frac{BV\ prise\ d'eau}{BV\ seuil\ de\ mesure} = \frac{5}{4{,}8} = 1{,}04$$

Nous disposons ainsi de 1 an de mesures de débit à la prise d'eau.

IV. RECHERCHE DE DONNEES HYDROLOGIQUES SIMILAIRES

Les données obtenues au paragraphe précédent sont fiables, cependant une année de mesure n'est pas suffisante pour être représentative de l'hydrologie d'un cours d'eau, qui peut subir des variations interannuelles.

Nous utiliserons donc ces données pour projeter une hydrologie connue et disponible sur plusieurs années sur le site du Colomban.

Il n'existe que peu de données hydrologiques exploitables dans le secteur de La Léchère. Le seul cours d'eau dont nous connaissions les débits journaliers (mis à part l'Arc et l'Isère qui ont des régimes fortement influencés par de nombreuses retenues) est le Bugeon.

Les débits du Bugeon ont été enregistrés de 1957 à 1962. Ils ne peuvent donc pas être comparés aux débits que nous mesurons depuis 2018.

Nous avons donc élargi le périmètre de recherche pour trouver une station de mesure disposant de plusieurs années de mesure, dont l'année 2018-2019 qui permettra de projeter les données au niveau du Colomban.

Nous avons choisi d'utiliser la station hydrologique sur le torrent du Bréda au niveau de la commune de Pontcharra (bassin versant de 223 km²), à une trentaine de kilomètres de La Léchère. Cette station est récente et enregistre les débits de ce torrent depuis 2009 jusqu'à aujourd'hui. De plus, les données sont complètes et « validées bonnes » sur 11 années.

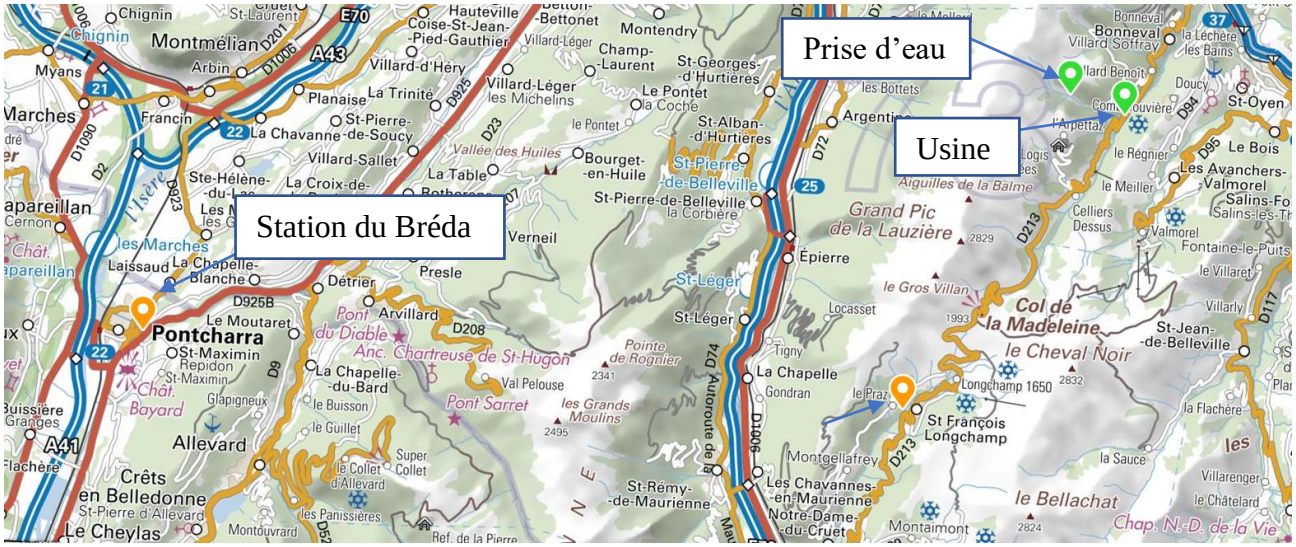


Figure 6 : Station hydro du Bréda et emplacement de la future microcentrale du Colomban

Annee	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit	XXX	XXX	XXX									XXX
Hauteur	XXX	XXX					XXX					

Débits journaliers

- : absents
- : provisoires
- : invalidés
- : validés douteux
- : validés bons

Figure 7 : Récapitulatif de la station du Bréda - source : Banque Hydro

Après avoir collecté les valeurs de débit du Bréda sur la période de mesure de notre seuil, nous avons cherché un coefficient permettant de faire coïncider les débits du Bréda et les débits reconstitués au niveau de la future prise d'eau. La valeur retenue est la suivante :

Coeff Breda / Prise d'eau = 0,0424

On constate que malgré l'importante différence de bassin versant (5 km² pour la future prise contre 223 km² pour le Bréda) la courbe de débits journaliers projetées à partir du Bréda correspond parfaitement à celle relevée in-situ.

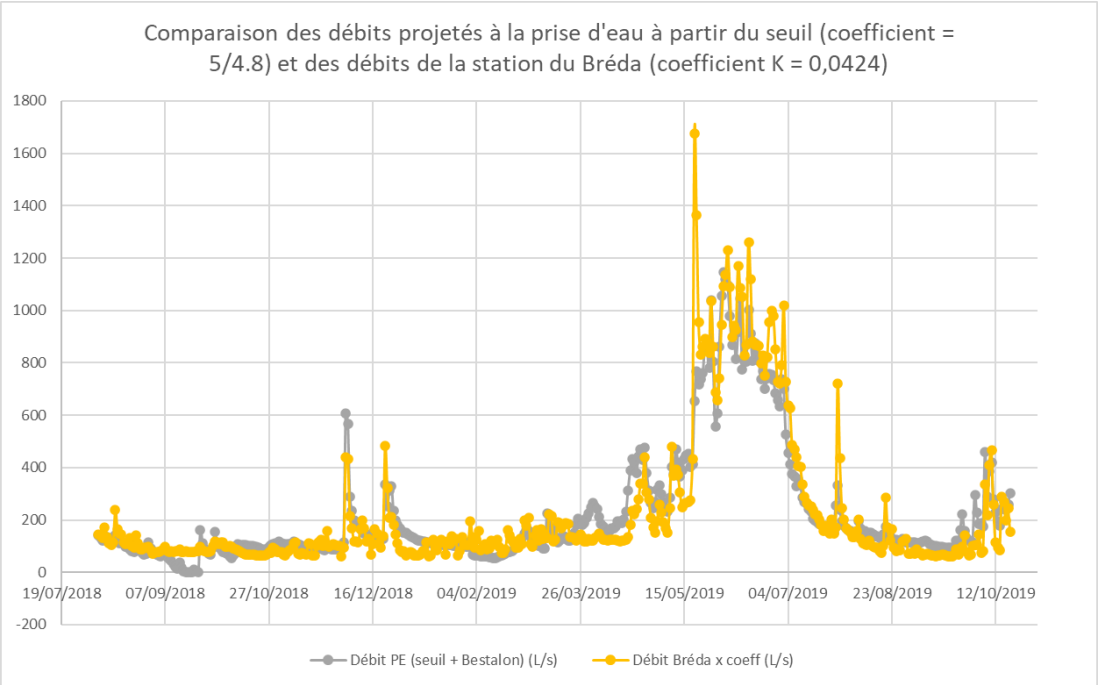


Figure 8 : Comparatif des débits mesurés au seuil avec ceux du Breda après application d'un coefficient

Le débit moyen sur la période considérée est le même : 225 l/s

V. RESULTATS DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

En appliquant ce coefficient aux 11 années de mesures sur le Breda, nous obtenons 11 années de données représentatives de l'hydrologie du Colomban à la prise d'eau, ce qui permet de tenir compte des variations interannuelles de débit.

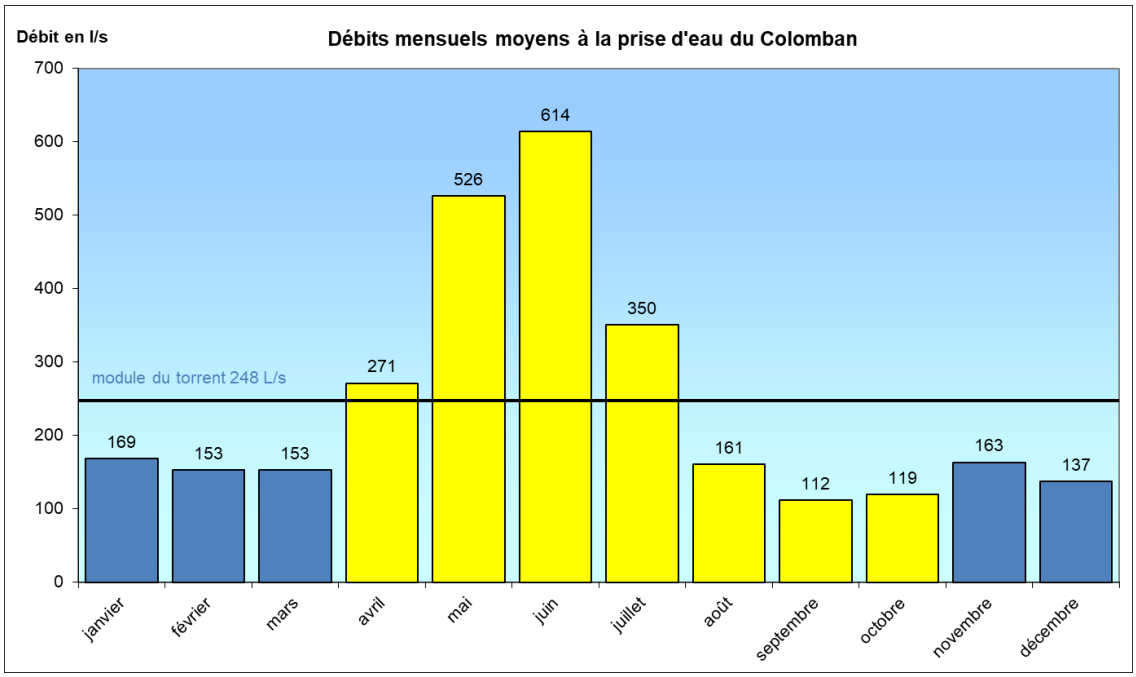


Figure 9 : Hydrologie mensuelle moyenne du Colomban au niveau de la future prise d'eau

DEBITS CARACTERISTIQUES DU COLOMBAN

Le traitement statistique des valeurs de débit journalier permet de calculer les valeurs caractéristiques suivantes :

- **MODULE**

Le module d'un torrent correspond à son débit moyen interannuel. Pour notre projet, il se calcule à partir des 4 015 valeurs du modèle hydrologique.

Module du torrent du Colomban à la prise d'eau = **248 l/s**

VI. DEBIT SPECIFIQUE

Le débit spécifique est la quantité d'eau moyenne écoulée sur une année par kilomètre carré de bassin versant. Il s'obtient donc en divisant le module du torrent au droit du projet de prise d'eau par la surface du bassin versant correspondant :

Débit spécifique du torrent du Colomban = 248 l/s / 5 km² = **50 l/s/km²**

VII. $QMNA_5$

Le $QMNA_5$ correspond au débit mensuel minimal qu'il est probable de retrouver au moins une fois tous les cinq ans. C'est le débit d'étiage de référence d'un cours d'eau.

Le calcul intègre une loi statistique appliquée sur l'échantillon constitué. Le calcul s'est fait avec une valeur par an calculée entre le 1er Janvier et le 31 décembre et sur la plage de 11 années dont nous disposons.

$QMNA_5$ sur le torrent du Colomban = **64 l/s**

VIII. VCN3 ET VCN10

Le VCN correspond également à un calcul de débit d'étiage. Il s'agit du débit minimum observé pendant « n » jours consécutifs (VCN3 = 3 jours consécutifs, VCN10 = 10 jours consécutifs) sur une période de retour donnée. Les résultats apparaissent ci-dessous pour différentes périodes de retour :

	Colomban
VCN10 biennal	61 l/s
VCN10 quinquennal	49 l/s
VCN10 décennal	42 l/s
VCN10 vicennal	37 l/s
VCN3 biennal	54 l/s
VCN3 quinquennal	43 l/s
VCN3 décennal	37 l/s
VCN3 vicennal	32 l/s

On peut noter que le $QMNA_5$ du torrent est proche du VCN10 biennal. Cela signifie que le débit d'étiage de référence du cours d'eau est rencontré une année sur deux pendant dix jours consécutifs.

Ceci prouve que le cours d'eau subit régulièrement des débits d'étiages proches du $QMNA_5$.

IX. DEBITS DE CRUE

Les débits de crue ont été calculés à l'aide de plusieurs lois statistiques telles que la loi de Gumbell avec ajustement par la méthode des moments et par la méthode graphique, la loi de Gauss, ou la loi Exponentielle. L'échantillon a été constitué à l'aide d'une valeur par an de crue journalière maximum. Les différentes méthodes de calcul indiquent des résultats proches et les débits de crue retenus sont les valeurs moyennes.

	Colomban
Crue centennale	**1.6 m^3/s**
Crue cinquantennale	**1.5 m^3/s**
Crue vicennale	**1.3 m^3/s**
Crue décennale	**1.2 m^3/s**

Cependant ce débit est une valeur journalière, le pic instantané pouvant être beaucoup plus important.

A titre de comparaison, des données mise à disposition par la banque de l'hydrologie ont été consulté. Il en ressort par exemple que la station sur l'Arvan à St Jean d'Arves, dont l'altitude du bassin versant et la situation géographique sont relativement proche de notre bassin d'étude, a enregistrée un maximum instantané de 53,1 m^3/s, soit près de 900 l/s/km² en huit années de mesures.

Par ailleurs, des calculs réalisés sur les Hautes-Alpes par notre bureau d'étude à partir de séries de données de plus longue période, affichent des résultats allant de 1,5 à 2,5 $m^3/s/km^2$ pour le pic journalier de la crue centennale.

Si on prend la valeur de 2,5 $m^3/s/km^2$, le débit à la prise d'eau sur le torrent du Colomban serait d'à peu près 12,5 m^3/s. Cette valeur théorique de crue centennale sera prise en compte pour notre étude, mais reste néanmoins très élevé.

Les ouvrages décrits dans le présent dossier ont été dimensionnés pour permettre d'évacuer ces débits.

X. CHOIX DES DEBITS DU PROJET

- Débit réservé

Le débit réservé est prioritaire par rapport au turbinage. Cela signifie que, tant que les apports naturels sont suffisants, l'exploitant doit restituer au tronçon court-circuité un débit supérieur ou égal à cette valeur. Si les apports naturels sont inférieurs au débit réservé, ils seront restitués en totalité au cours d'eau et le débit turbiné sera nul.

L'étude hydrologique a mis en évidence un débit moyen interannuel du torrent du Colomban au niveau de la prise d'eau principale de 248 l/s.

L'article L 214-18 du code de l'environnement impose de laisser dans le cours d'eau au moins un dixième de la valeur du débit moyen interannuel. Partant de ce principe, il serait suffisant de laisser un débit réservé de 25 L/s à l'aval de la prise. Nous proposons une valeur supérieure à ce débit minimum :

Débit réservé à la prise d'eau = Qr = **40 l/s**

Soit 16% du module du torrent.

Avec cette valeur de débit réservé proposée, le torrent du Colomban conservera ses propriétés (voir pièce jointe n°3 – Etude d'impacts).

- Débit d'équipement

Le débit d'équipement correspond au débit maximal pouvant transiter par la turbine. Les ouvrages de prise d'eau sont conçus de manière à ne pas prélever plus d'eau et à ce que le trop plein soit évacué lorsque le débit naturel est trop important.

Plusieurs simulations ont été réalisées durant l'étude de faisabilité pour déterminer le débit optimum. Pour chaque valeur envisagée, nous avons évalué le ratio Investissement / Recette sachant que le débit d'équipement joue sur le diamètre de la conduite, sur le dimensionnement des équipements électromécaniques et sur le dimensionnement des ouvrages.

Celui-ci a finalement été calé à une valeur permettant de dériver le débit maximum environ 64 jours par ans :

Débit d'équipement = Qeq = **420 l/s**

- Débit d'armement

Le débit d'armement est le débit minimum nécessaire pour obtenir le fonctionnement correct de la turbine. Les turbines de type Pelton sont capables de produire à partir de débits très faibles. Il faut néanmoins produire suffisamment d'énergie pour assurer l'autoconsommation du transformateur de puissance et la consommation des auxiliaires de la centrale (éclairage, chauffage, …). Cette valeur est déterminée à partir des éléments suivants :

- La puissance minimale dont on a besoin est d'environ 10 kW.
- Les pertes de charges de la conduite sont très faibles dans cette gamme de débits (frottements dans le tuyau négligeables). La hauteur de chute nette est donc de 513 m
- En revanche, le rendement global du groupe (turbine et alternateur) est mauvais pour cette gamme de débits. Nous hypothétisons un rendement de 0,5 %.

Le débit d'armement de la turbine est le suivant :

$$Qarm = \frac{Pmin}{9{,}81\ x\ Hnette\ x\ rendement}$$

$$Qarm = \frac{10\ kW}{9{,}81\ x\ \ 511{,}5\ \ x\ 0{,}5}$$

Débit d'armement = Qarm = **4 l/s**

- <u>Débits turbinables</u>

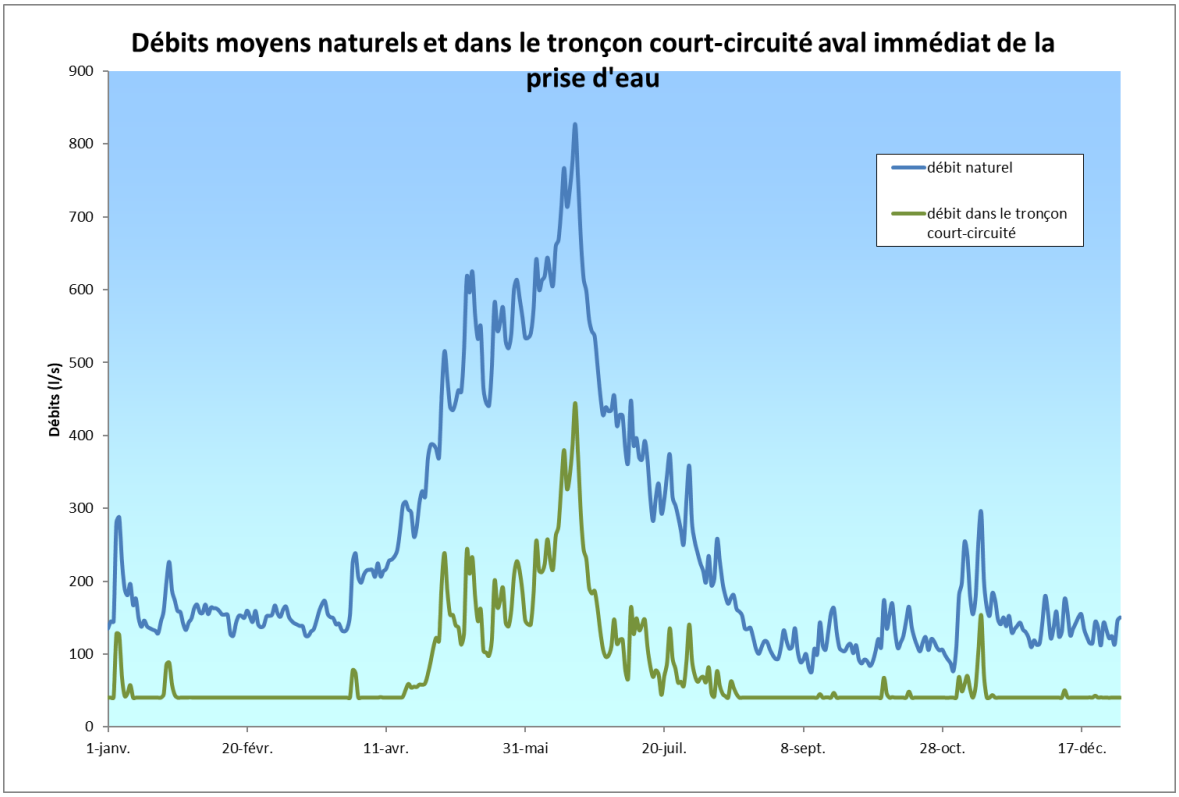
Le calcul des débits turbinable se fait à partir des 4 015 valeurs de débit naturel auxquelles sont retirées le débit réservé, tout en tenant compte du débit d'armement et du débit d'équipement pour écrêter le résultat.

Les moyennes mensuelles sont les suivantes :

Mois	Débits turbinables (l/s)
janvier	77 l/s
février	65 l/s
mars	67 l/s
avril	205 l/s
mai	334 l/s
juin	348 l/s
juillet	238 l/s
août	106 l/s
septembre	32 l/s
octobre	45 l/s
novembre	73 l/s
décembre	57 l/s

Soit un débit turbinable annuel moyen de **137 l/s**

- Débits dans le tronçon court-circuité



Les apports intermédiaires nombreux viendront renforcer les débits restitués au niveau de la prise d'eau (débit réservé et déversés).

Les débordements « réguliers » dans le tronçon court-circuité auront lieu, et représentent en moyenne plus de 4 mois par an.

XI. SYNTHESE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE ET DEBITS RETENUS

Nous rappelons pour la suite de l'étude, les principales valeurs retenues par l'examen hydrologique ainsi que les différents débits retenus :

	Torrent du Colomban
Etude hydrologique	
Bassin versant à la prise d'eau	5 km²
Module interannuel	248 l/s
Module hivernal	155 l/s
Module estival	308 l/s
Débit spécifique	50 l/s/km²
QMNA5	64 l/s
VCN10 biennal	61 l/s
VCN3 biennal	54 l/s
Débit de crue centennal	1 600 l/s
Débits retenus	
Débit réservé (Q_r)	40 l/s
Débit d'équipement	420 l/s
Débit d'armement	4 l/s
Débit turbinable annuel moyen	137 l/s

HAUTEURS ET PUISSANCES NORMALISEES

- **HAUTEUR DE CHUTE BRUTE**

La hauteur de chute brute se calcule entre la cote maximale de prélèvement, soit la crête du barrage, et le point de restitution au milieu naturel, soit la cote de restitution dans le torrent d'Eau Rousse.

H_{brute} = (côte maximale de prélèvement - cote de rejet)
= (1 459,00 – 925)

Soit :

H_{brute} = 534 m

XII. HAUTEUR DE CHUTE UTILE

Cette valeur correspond au potentiel réellement valorisé par l'installation hydroélectrique. Elle se mesure entre la cote de mise en charge de la conduite forcée et la cote de turbinage.

H_{utile} = (cote de mise en charge - cote de turbinage)
= (1 455,5 – 927)

Soit :

H_{utile} = 528,5 m

XIII. HAUTEUR DE CHUTE NETTE

Cette hauteur de chute prend en compte les pertes de charge créée dans la conduite forcée.

Les pertes de charge linéaires ont été calculées pour chaque débit turbiné à partir de la formule de COLEBROOK. Celles-ci ont été majorées de 5% pour prendre en comptes les pertes singulières (coudes, emboîtement, etc…) le long de la conduite. Nous ajoutons à cela les pertes singulières à l'entonnement et dans la vanne de pied, évaluées à 2 m.

Pertes de charges totales pour :

- $Q_{équipement}$ (420 l/s) : 17 m

H_{nette} = (H_{utile} – p)

Avec p correspondant aux pertes de charge le long de la conduite forcée calculées au débit maximum $Q_{équipement}$ calculées à partir de la formule de Colebrook.

H_{nette} = (529,5 m – 17 m)

Soit :

H_{nette} = 511,5 m

XIV. PUISSANCE MAXIMALE BRUTE (PMB)

La puissance maximale brute est basée sur le débit maximal et la hauteur de chute brute. Elle se calcule comme ceci :

$$PMB = 9{,}81 \times Q_{équipement} \times H_{brute}$$

Soit :

$$PMB = 9.81 \times 0{,}420\ m^3/s \times 534\ m$$

$$\boxed{PMB = 2\ 200\ kW}$$

XV. PUISSANCE MAXIMALE DISPONIBLE (PMD)

Cette valeur correspond à la puissance maximale fournie au réseau et mesurée aux bornes de l'installation :

$$PMD = 8^{1} \times Q_{équipement} \times H_{nette}$$

Soit :

$$PMD = 8 \times 0{,}420\ m^3/s \times 511{,}5$$

$$\boxed{PMD = 1\ 719\ kW}$$

XVI. PUISSANCE NORMALE BRUTE (PNB)

$$PNB. = 9{,}81 \times Q_{moyen} \times H_{brute}$$

Avec Q_{moyen} le débit moyen dérivable :

$$\mathbf{Q_{moyen} = 137\ l/s}$$

Soit :

$$PNB = 9{,}81 \times 0{,}137\ m^3/s \times 534\ m$$

$$\boxed{PNB = 718\ kW}$$

XVII. PUISSANCE NORMALE DISPONIBLE (PND)

$$PND = 8 \times Q_{moyen} \times H'_{nette}$$

Avec H'_{nette} correspondant aux pertes de charge le long de la conduite forcée calculées au débit maximum Q_{moyen} calculées à partir de la formule de Colebrook.

Soit :

$$PND = 8 \times 0{,}137\ m^3/s \times 525\ m$$

$$\boxed{PND = 575\ kW}$$

[1] *Nota : La valeur « 8 » correspond est une valeur arbitraire fixée par l'administration. Celui-ci équivaut à l'accélération de la pesanteur (« 9,81 ») affectée des rendements mécaniques de la turbine et des rendements électriques de l'alternateur et du transformateur.*

EVALUATION DE LA PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE

- **DEBITS TURBINABLES**

L'étude hydrologique donne une série de onze années de débits journaliers naturels à la prise d'eau. Ces débits sont ensuite écrêtés pour obtenir un échantillon de 4 015 valeurs de débits turbinables.

XVIII. RENDEMENT GLOBAL DES INSTALLATIONS

Le rendement global de l'installation est le produit des rendements :

- de la turbine Pelton,
- de la génératrice,
- du transformateur de puissance.

Ceci pour différents débits turbinés :

Débit l/s	**420**	**380**	**340**	**300**	**250**	**210**	**170**	**130**	**85**	**45**
Rapport	10/10	9/10	8/10	7/10	6/10	5/10	4/10	3/10	2/10	1/10
Rd Turbine	0,87	0,875	0.877	0.879	0.879	0.877	0.868	0.845	0.75	0.68
Rd géné.	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.945	0.945	0.94	0.94
Rd transfo	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.975	0.975	0.975	0.97	0.97
Rd global	**0.82**	**0.82**	**0.82**	**0.82**	**0.82**	**0.81**	**0.80**	**0.78**	**0.75**	**0.68**

XIX. PRODUCTIBLE

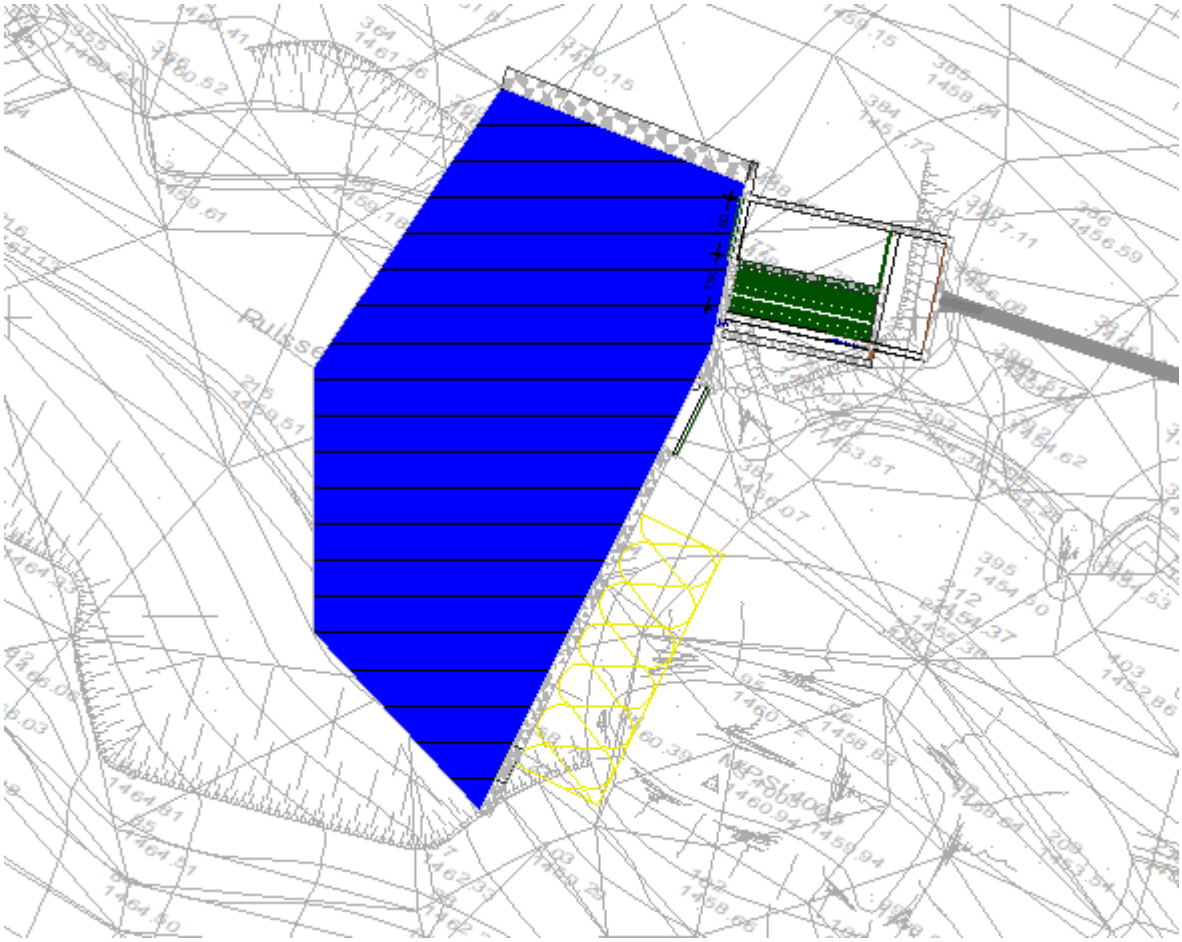
Chaque valeur de débit turbinable donne un productible journalier du projet en tenant compte des pertes de charges de la conduite et des rendements de l'installation.

Soit un productible annuel de 5 860 494 kWh arrondi à :

5 860 500 kWh/an

VOLUME STOCKABLE

La petite retenue crée par le barrage aura une forme "triangulaire" d'environ 10 m de base par 10 m de hauteur. Le volume stocké sera d'environ 100 m^3.



ETUDE DU PROJET

I. BASSIN VERSANT

Le Colomban est un torrent montagnard qui prend sa source au pied de la Pointe de Combe Bronsin. Le bassin versant, orienté Est, culmine à 2500 NGF. Le Colomban est un affluent du torrent d'Eau Rousse, la confluence se trouve aux environs de la cote 925 NGF.

La prise d'eau se trouvera à l'altitude 1457 NGF. En ce point du torrent, le bassin versant du Colomban est de 5 km². Il est représenté dans la figure ci-dessous.

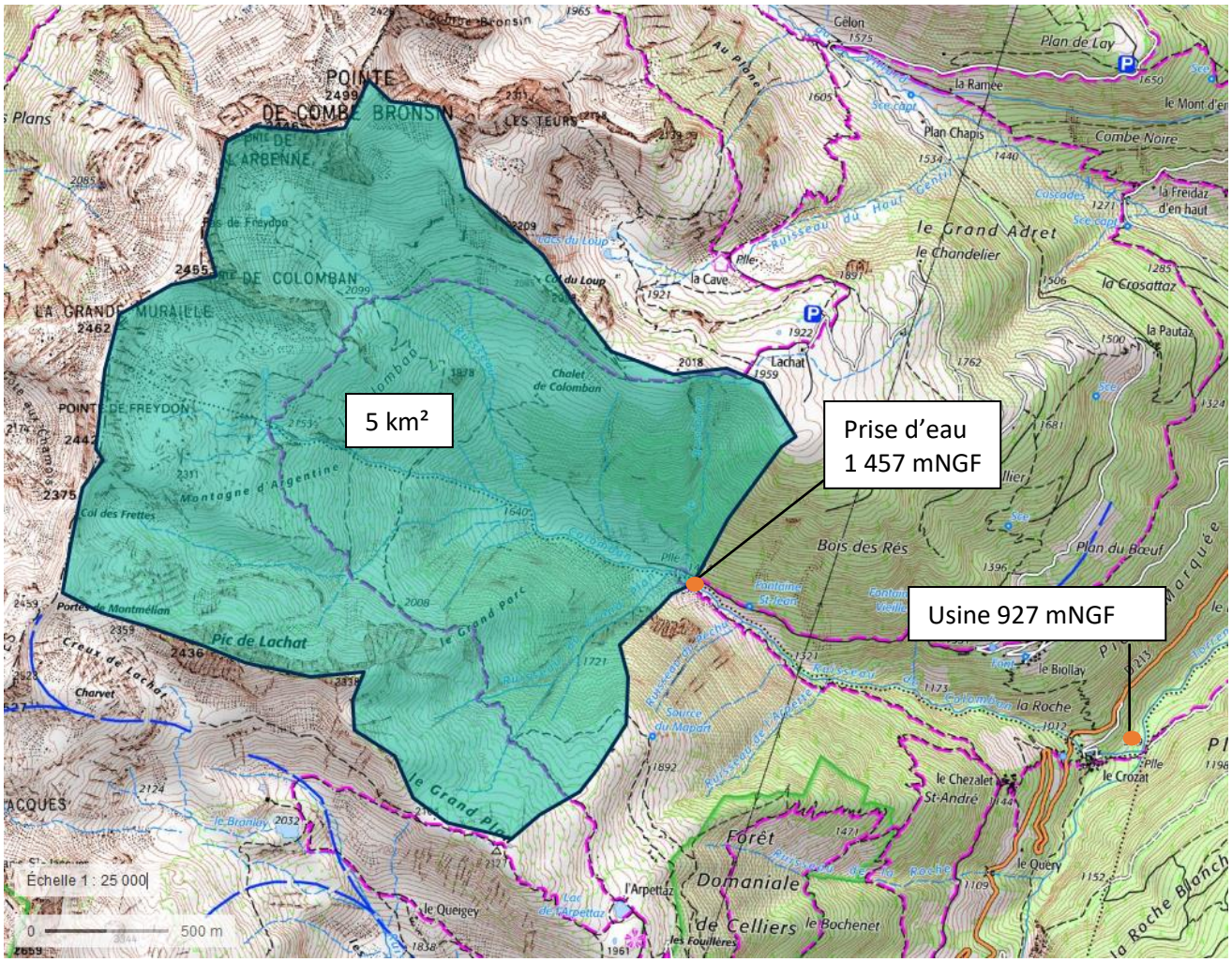


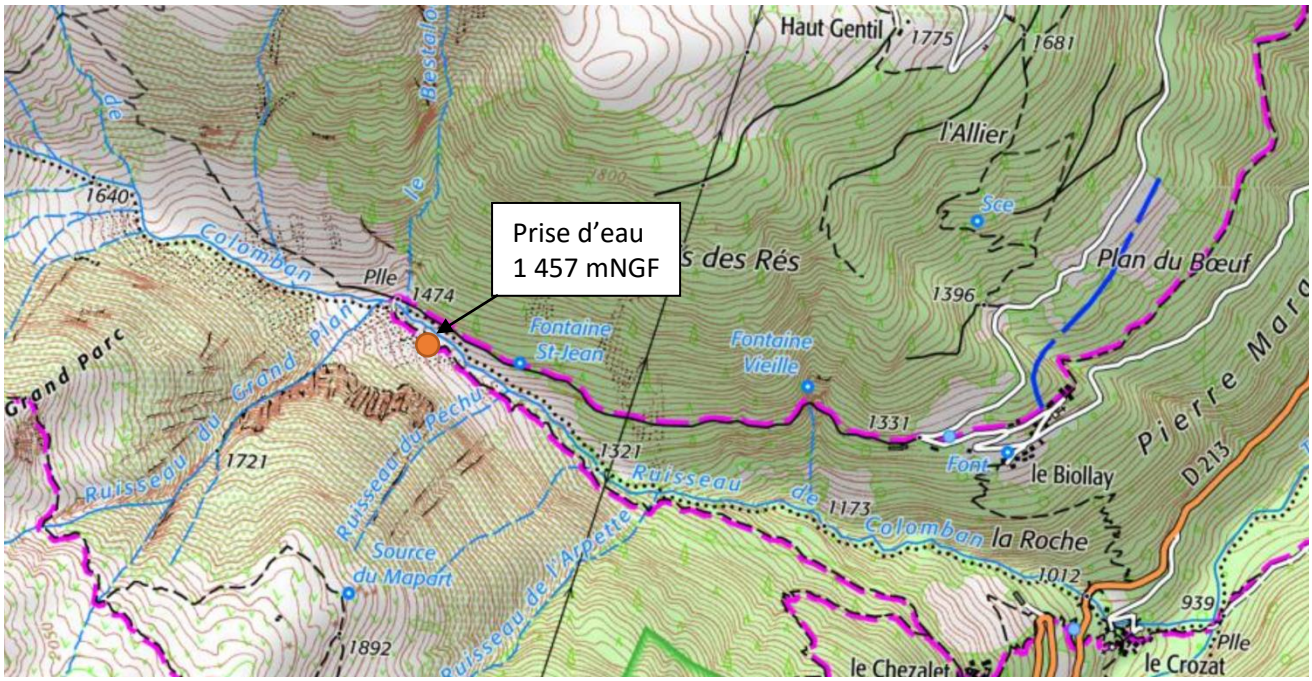
Figure 10 - Bassin versant du Colomban au niveau de la prise d'eau

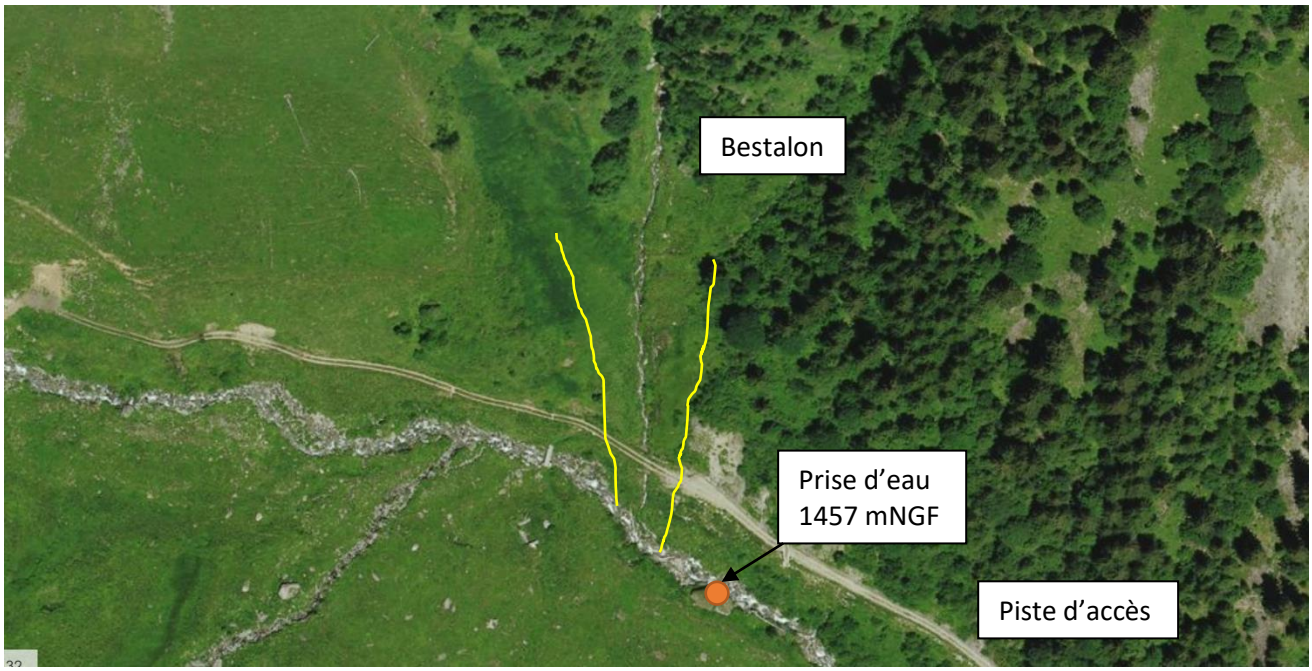
II. IMPLANTATION DES OUVRAGES

II-1. Prise d'eau

A. Emplacement

L'ouvrage de prise se situera en bout de piste d'accès au vallon depuis le hameau du Biollay, une trentaine de mètres en aval de la confluence avec le ruisseau du Bestalon.





L'emplacement retenu se situe en aval du couloir d'avalanche de ce même ruisseau. Le mur du barrage se situera au niveau d'un gros rocher, aux environs de la cote 1 457 NGF.

La prise d'eau du Colomban sera implantée sur les parcelles 63 (ancienne commune de la Léchère) en rive droite et 27 (ancienne commune de Bonneval) en rive gauche, aujourd'hui toutes deux propriétés de la nouvelle commune de la Léchère.

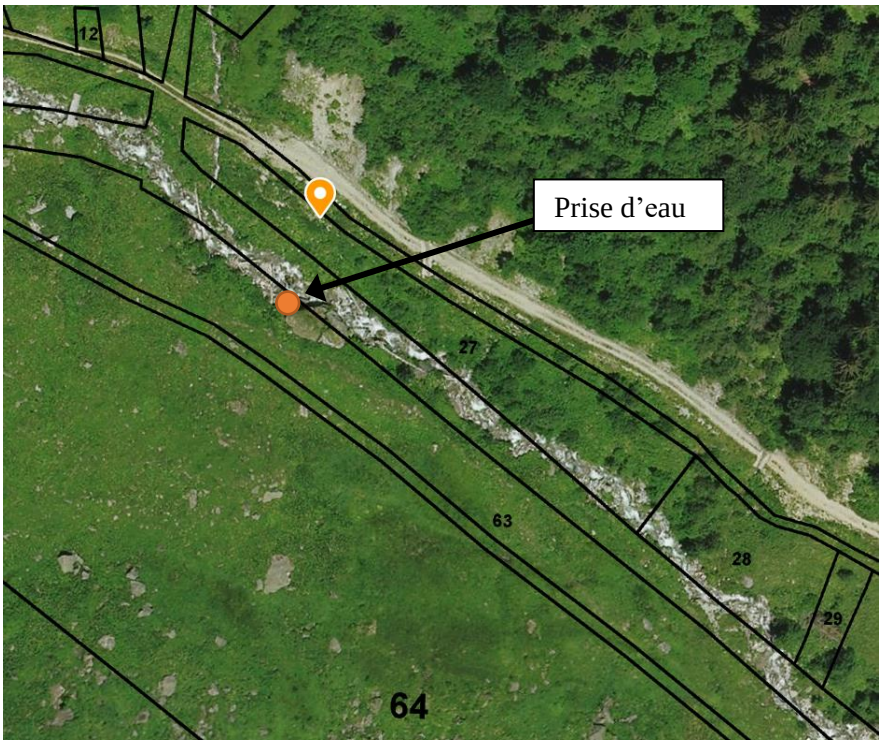


Figure 11:Emplacement de la prise d'eau

L'accès à l'ouvrage se fera par la route du Biollay, cette voie est goudronnée et en bon état, puis par la piste 4x4.

En période hivernale, ces routes ne sont que partiellement déneigées et la piste n'est praticable qu'à pieds. Le surveillant ne se rendra sur place qu'occasionnellement, et en cas d'incident si les conditions météorologiques le permettent.

B. Description de l'ouvrage

Les fonctions de la prise d'eau sont les suivantes :

- dériver les eaux en provenance du ruisseau,
- dégraver et débarrasser les eaux des débris flottants,
- assurer le transit du débit réservé jusqu'à l'aval de l'ouvrage.

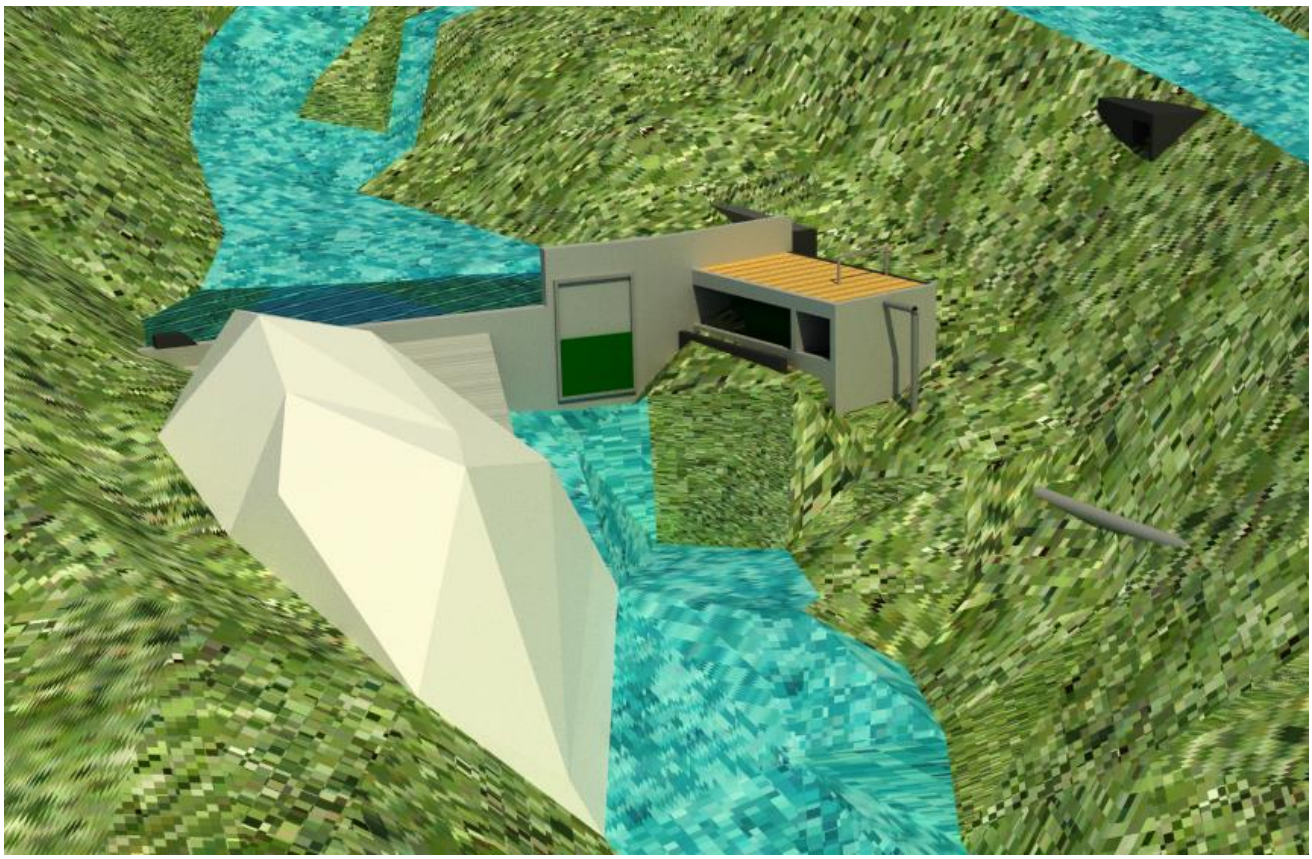
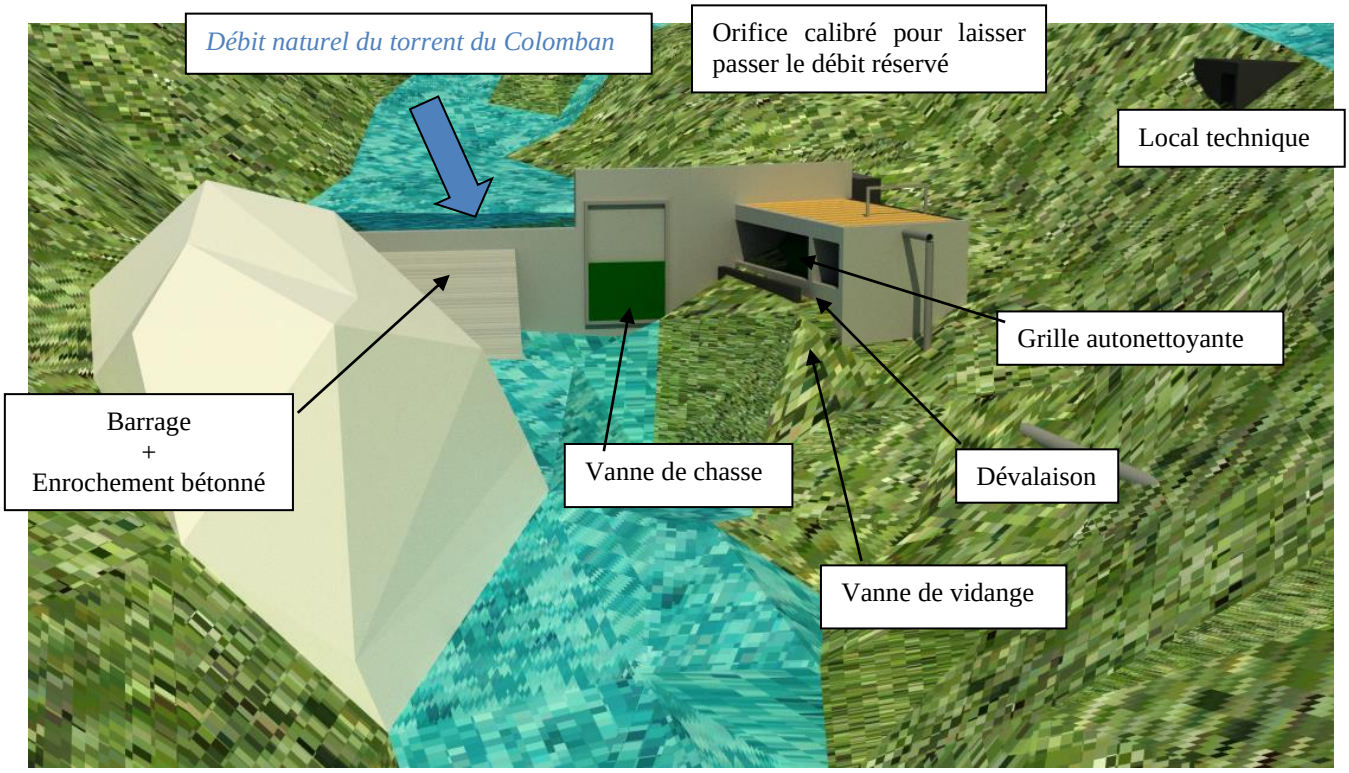


Figure 12 : Vue 3D de la prise d'eau

C. Fonctionnement



D. Barrage

Le pied du barrage sera implanté aux voisinages de la cote 1 456,00 mNGF alors que sa crête devrait culminer aux alentours de 1 459,00 mNGF. La longueur apparente de l'ouvrage sera d'environ 10 m.

Afin d'accroitre la solidité du barrage, le mur de crue sera épaulé par un enrochement bétonné. La surface irrégulière de ces enrochements permettra également de dissiper l'énergie de l'eau en cas de débordement, et évitera l'affouillement en pied de barrage.

Figure 13 : Exemple d'enrochement bétonné, Bonneval

E. Vanne de chasse

La vanne de chasse sera implantée sur le barrage, à proximité de l'entrée d'eau de la prise. Le seuil sera calé à la cote 1456,50 mNGF à 1m du terrain naturel (TN) amont. En première approche, elle devrait avoir pour dimensions H = 1,50 m et L = 2,00 m.

En période de crue, son ouverture sera asservie à un niveau haut dans le plan d'eau :

- L'installation ne prélèvera pas plus que le débit d'équipement.
- Le niveau dans la retenue aura donc naturellement tendance à monter jusqu'à déborder sur le mur de crue.
- La vanne de chasse s'ouvrira progressivement de manière à maintenir un niveau constant dans le barrage.

Figure 14 : Exemple de régulation d'une vanne de chasse

Cela permettra d'évacuer petit à petit les matériaux entrainés par la crue qui viendraient inévitablement engraver la prise, le transport solide en sera donc amélioré. Cette régulation garantira également que les ouvrages ne soient pas submergés par les eaux.

A pleine ouverture et lorsque le niveau amont atteindra la crête du barrage, le débit transité par cette vanne projetée sera d'environ 10 m^3/s.

Cette vanne permettra de vidanger occasionnellement la prise d'eau pour contrôler l'état des ouvrages, réaliser la maintenance mécanique des vannes, et éventuellement curer la retenue.

F. Grille autonettoyante

L'eau prélevée par le seuil de prise déversera sur une grille perforée. Celle-ci aura un profil en "S" dit autonettoyant (voir Figure 15 ci-dessous). Les trous seront de diamètre Ø 20 mm disposés en quinconce.

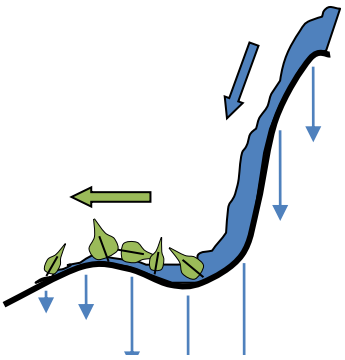


Figure 15 : Principe d'une grille perforée autonettoyante

Figure 16 : Exemple de grille autonettoyante

Le seuil déversant sera calé à la cote 1458 mNGF, ce qui correspondra à la cote minimale d'exploitation du barrage.

G. Dessableur

Le rôle du dessableur est de ralentir la vitesse d'écoulement pour permettre la décantation des particules en suspension. L'objectif principal d'un tel bassin est d'éviter un colmatage des structures en aval et de limiter les dommages possibles sur les équipements mécaniques et hydrauliques.

Il est initialement prévu que ce bassin ait pour dimensions 3,10 m de large par 5,50 m de long. Ces cotes sont susceptibles d'évoluer en fonction des études béton armé ultérieures.

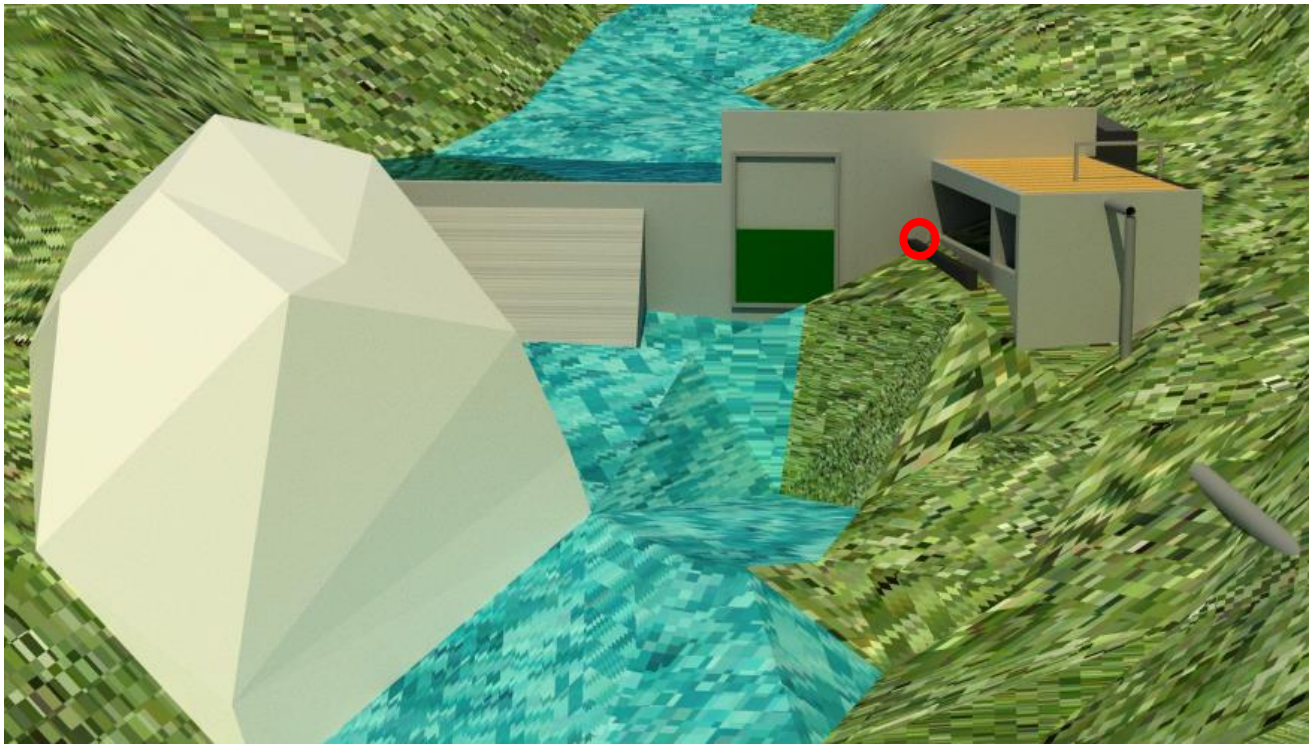
Il sera muni d'une vanne et d'une conduite de vidange pour permettre une évacuation périodique des matériaux accumulés. Le fond du bassin comportera une légère pente de l'amont vers l'aval pour faciliter l'évacuation des matériaux.

H. Local technique

Ce local permettra de stocker du matériel pour l'entretien de la prise d'eau (râteaux, pelles, …) et des divers organes mécaniques et électriques (caisse à outils, graisse mécanique, …). Il recevra également le coffret électrique de commande des vannes, ce qui permettra de disposer de courant à la prise d'eau.

I. Dispositif de restitution du débit réservé

L'ouvrage de restitution du débit réservé, sera à étudier avec les services de l'état responsable de la police de l'eau. Nous proposons de restituer ce débit par un orifice circulaire calibré qui sera réalisé entre la vanne de chasse et le dessableur :



Considérant que la valeur de débit réservé est fixée à 40 l/s, et que la charge minimale sur l'orifice est de 1 m, l'orifice aura un diamètre d'environ 120 mm.

J. Dispositif de dévalaison

Dans l'éventualité où les services de l'état en charge de la police de l'eau jugent opportun d'équiper la prise d'eau d'un dispositif de dévalaison, nous proposons les mesures suivantes :

- Adaptation du profil de la grille pour que les poissons ayant franchis le seuil de la prise d'eau ne se trouvent pas coincés sur la grille (« cuvette » moins accentuée). Le profil idéal serait défini selon les prescriptions de l'OFB.
- Construction d'une goulotte sous les grilles afin de recueillir les poissons. Celle-ci serait alimentée par le débit réservé.
- Création d'une fosse de réception à l'aplomb de la goulotte.

K. Volumes stockables

La centrale turbinera au « fil de l'eau », c'est à dire sans stockage dans le lit du torrent.

Un faible volume d'eau sera toutefois retenu à l'amont de la prise d'eau principale pour permettre d'atténuer les irrégularités du torrent.

La capacité de stockage du plan d'eau peut être estimée à 100 m^3

Le volume de la chambre de mise en charge principale, assurant la régulation de niveau, aura un volume avoisinant les 20 m^3.

II-2. Conduite forcée

A. Généralités

La conduite forcée sera enterrée sur la quasi-totalité de son tracé et aura les caractéristiques suivantes :

Diamètre nominal	500 mm
Longueur Totale	2 100 ml

Les tuyaux seront en acier à soudure hélicoïdale, d'épaisseur et de nuance appropriée pour résister aux pressions d'épreuve. En solution de base la longueur des tubes sera de 13 ml avec un emboîtement « raccord sphérique ». Le revêtement intérieur sera de type époxy et extérieur de type « C » bitumineux ou « PE » polyéthylène.

La conduite sera posée en tranchée avec un recouvrement moyen d'un mètre sur la génératrice supérieure. La topographie irrégulière imposera de réaliser certains tronçons en sur-profondeur et d'autres en profondeur plus réduite. La largeur de la piste de pose sera d'environ 7 m.

B. Tracé de la conduite

Le tracé entre la prise d'eau et l'usine aura une pente moyenne de 27%.

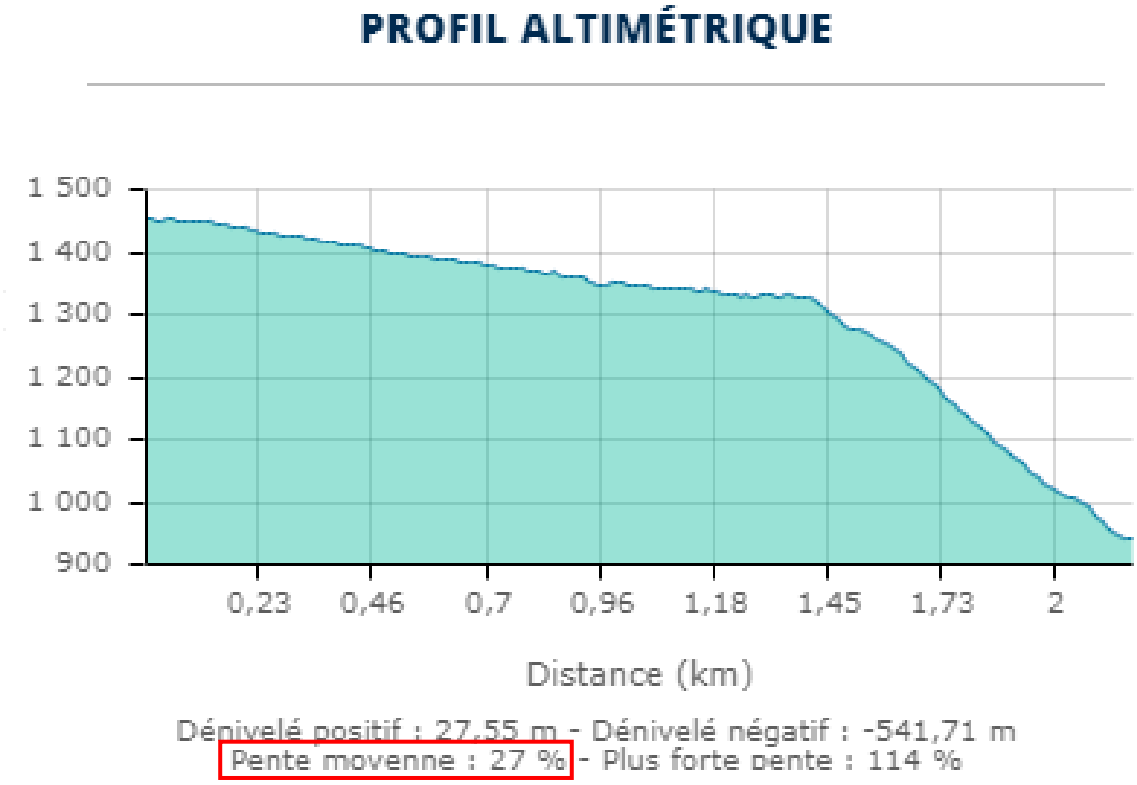


Figure 17 : Profil altimétrique source Géoportail

Il se décomposera en deux tronçons distincts

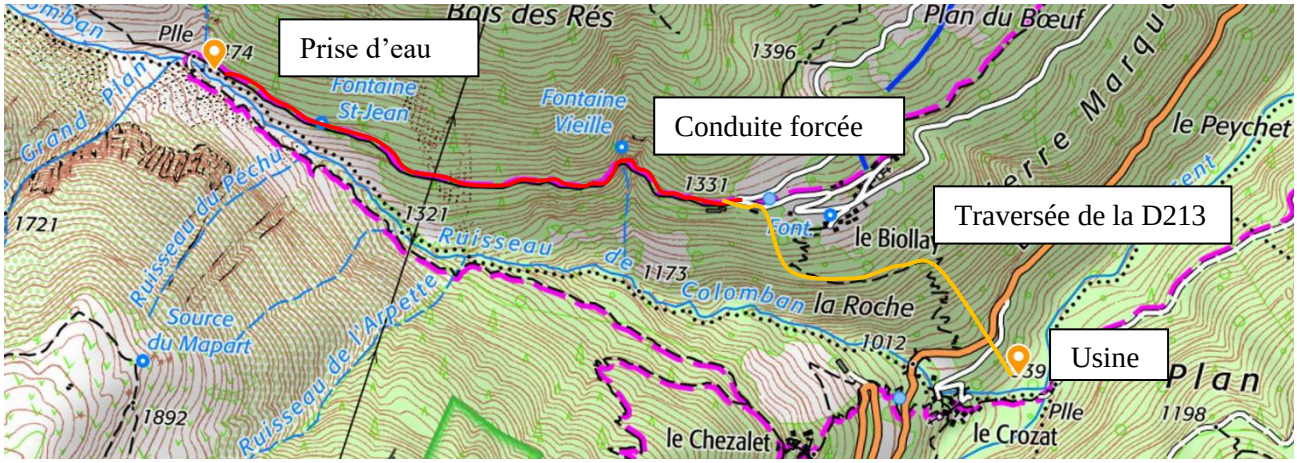


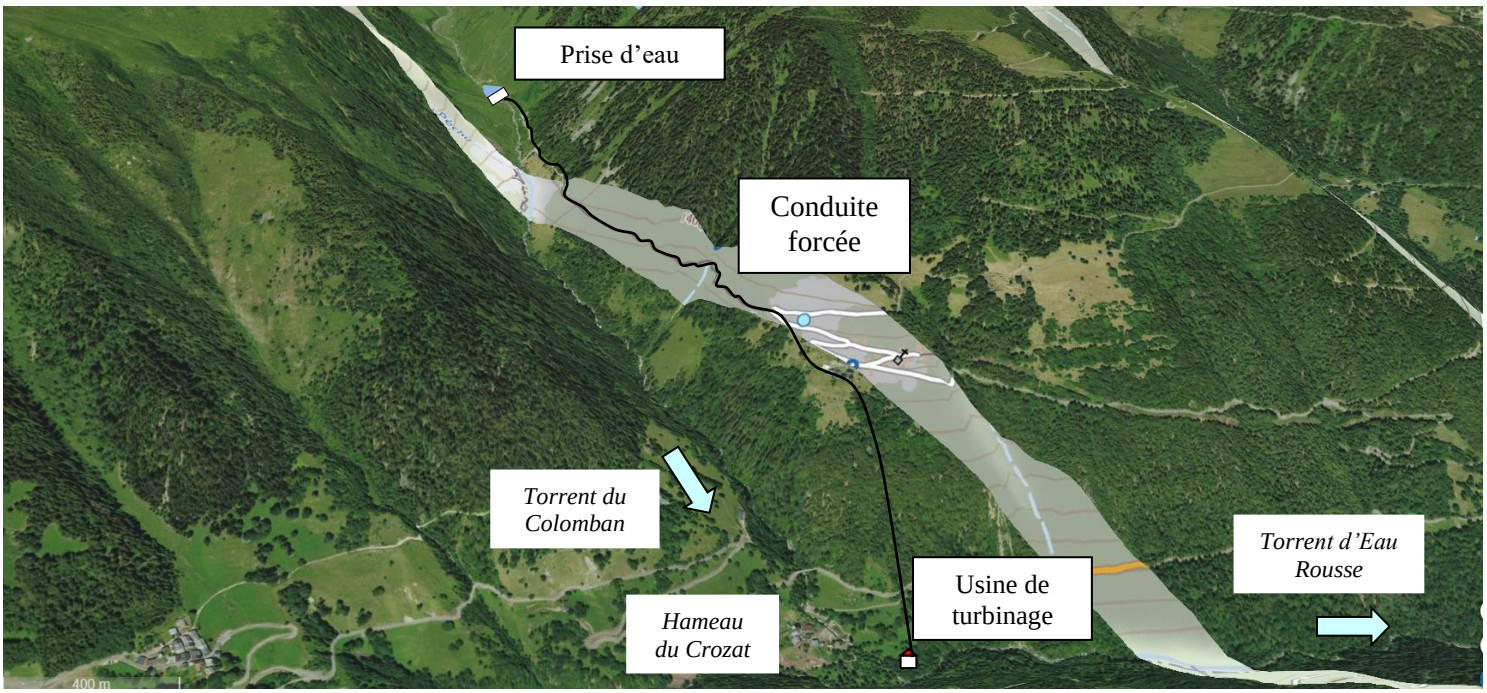
Figure 18 : Tracé de la conduite forcée sur fond IGN source Géoportail

La première partie de la conduite (en rouge) sera enterrée sous la piste existante pour limiter l'impact sur le milieu.

Au départ de la prise d'eau, la conduite serpentera au flan du talus sur un peu plus de 200 ml pour regagner le chemin forestier. Il sera nécessaire de lui donner une pente suffisante pour assurer l'écoulement de l'eau (de l'ordre de 3 à 4%) tout en s'écartant du lit du torrent.

La deuxième partie de la conduite (en orange) sera également enterrée mais coupera à travers la forêt entre le hameau du Biollay et la route D213 puis rejoindra l'usine à la confluence entre le Colomban et l'Eau Rousse.

La piste de pose sera refermée et réensemencée en fin de chantier.



II-3. Usine

A. Choix de l'emplacement

L'implantation de l'usine a demandé une réflexion importante.

Nous allons installer la centrale le plus bas possible, près du torrent de l'Eau Rousse à l'altitude 927 mNGF.

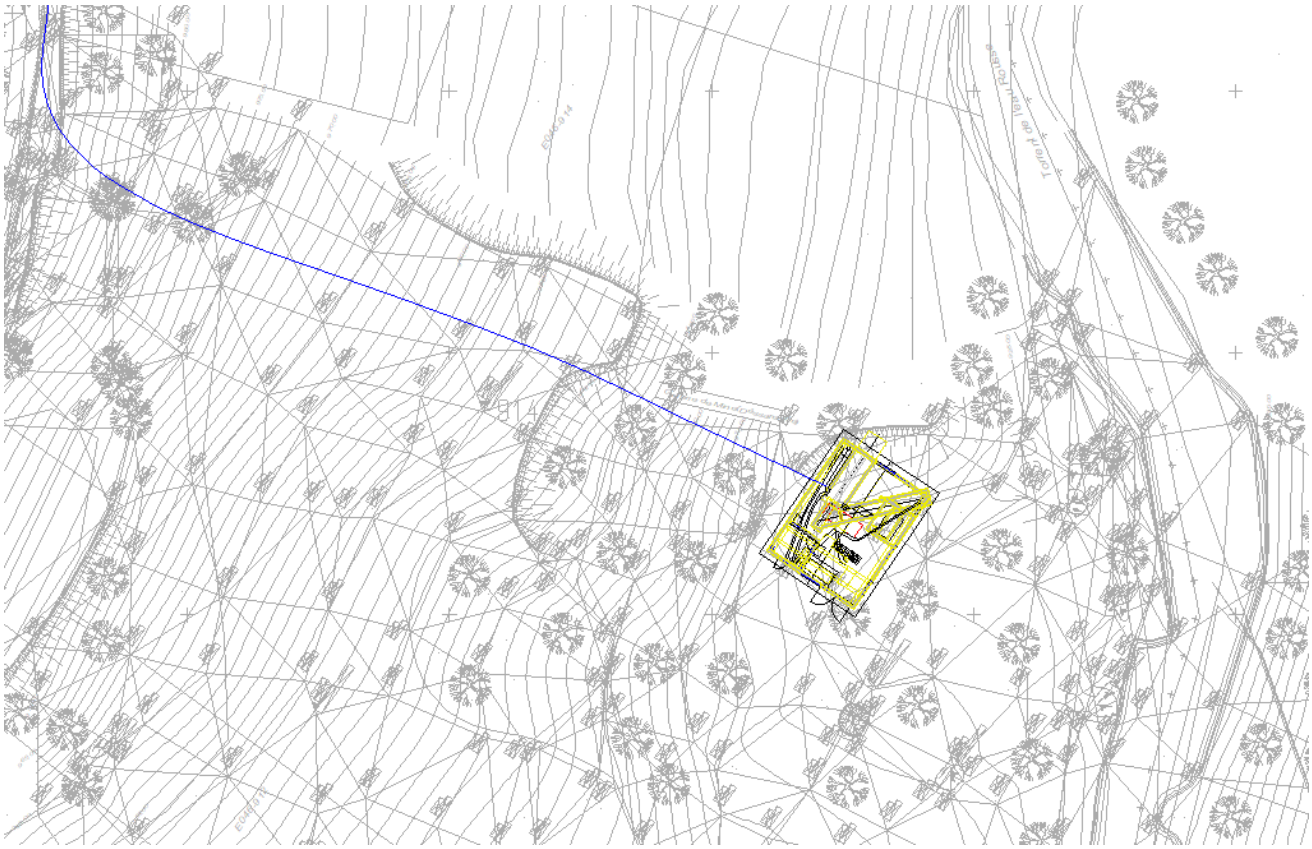


Figure 19 : Implantation de l'usine fond topographique

Cependant, les premiers résultats de l'étude d'impacts environnementaux ont révélé que cet emplacement se situait en partie sur une zone dite humide avec la présence d'aulnes blanc (zone délimitée en rouge sur la figure suivante).

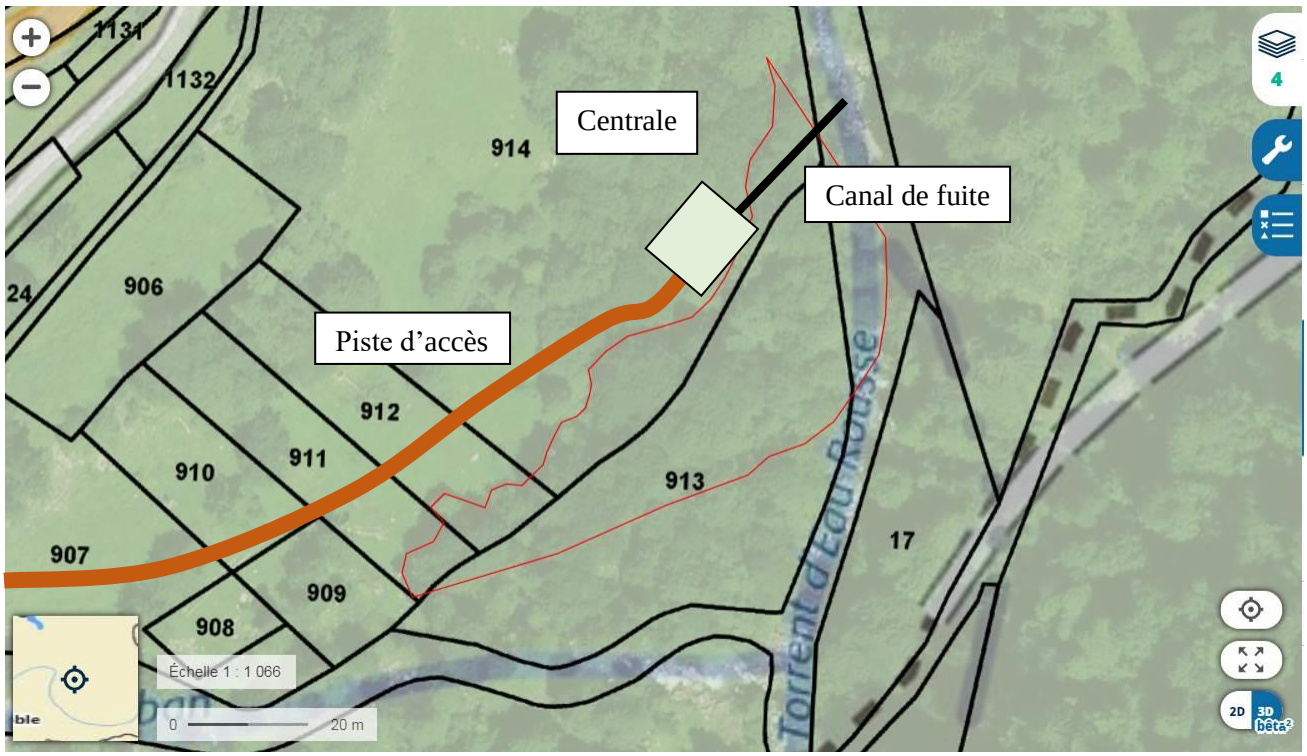


Figure 20 : Emplacement de la centrale basse

Au vu de ces éléments, nous avons pris contact avec l'agent responsable des zones humide de la DDT 73 ainsi que le bureau d'étude réalisant l'étude d'impacts environnementaux. Nous souhaitons donc installer l'usine en partie basse, mais plus proche pour limiter l'impact sur la zone humide et compenser cet impact que nous aurons sur la zone humide suivant le protocole qui nous sera indiqué.

L'usine a donc l'inconvénient d'être proche d'une une zone humide, mais son emplacement est idéal pour les habitants du hameau du Crozat, en effet, nous souhaitons conserver la confiance et le confort des habitants du hameau du Crozat tout en réhabilitant une autre zone humide

La production finale sera meilleure avec une centrale à une altitude plus faible et ainsi une hauteur de chute plus élevée.

B. Implantation :

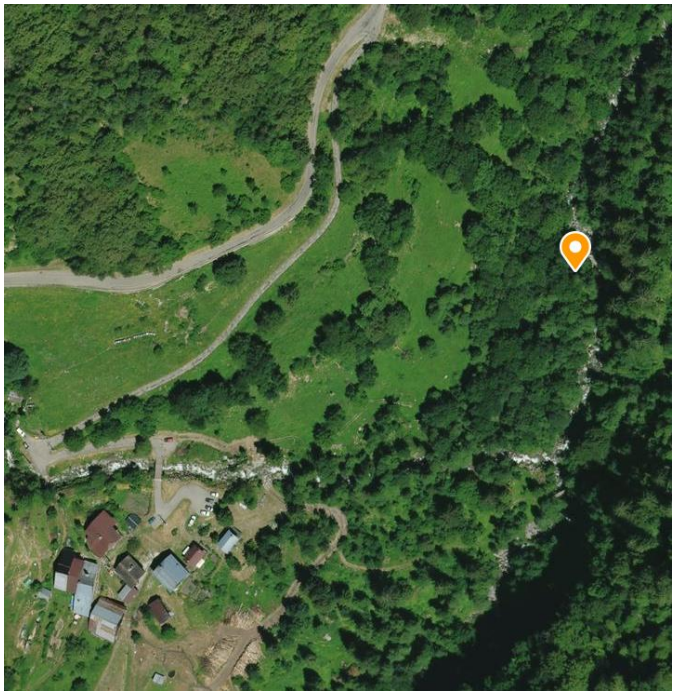


Figure 21 : Implantation de de la centrale, vue aérienne

L'usine serait implantée au pied du hameau du Crozat, à la confluence du torrent du Colomban et du torrent de l'Eau Rousse. Le bâtiment serait construit sur un terrain naturel située à la cote 927 mNGF, dans la zone sensible dite humide.

L'emprise du bâtiment sera de l'ordre de 150 m² (≈ 15 m x 10 m) et la hauteur du faitage sera d'environ 10 m. Les dimensions exactes du bâtiment ne peuvent être fixées tant que l'encombrement précis des machines n'est pas connu et que l'étude béton armé n'est pas faite.

Celle-ci se trouve environ 2 m au-dessus du lit vif du torrent de l'Eau Rousse.

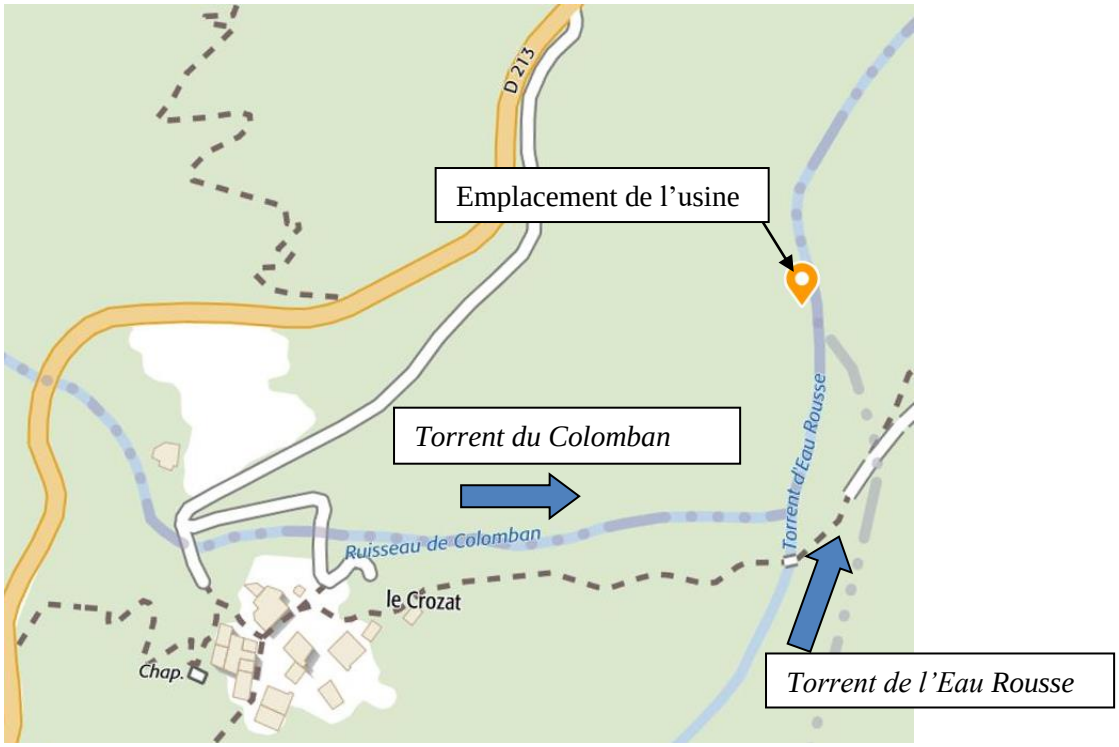


Figure 22 : Emplacement de l'usine sur fond IGN source Géoportail

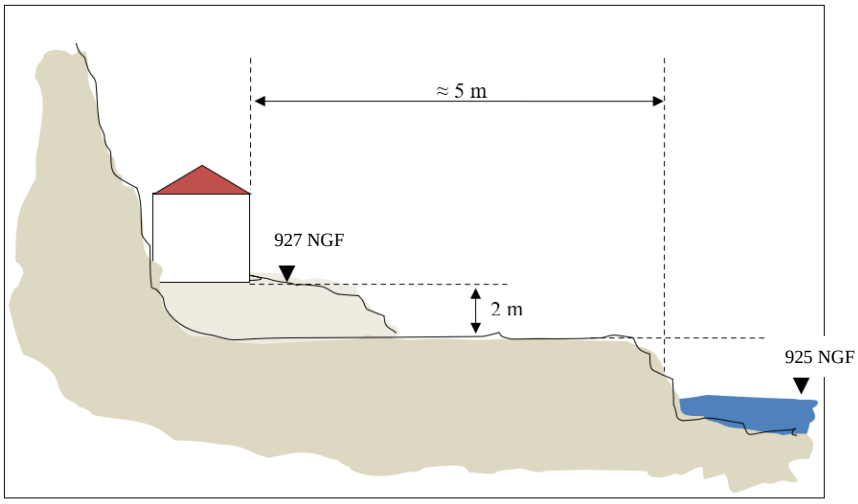


Figure 23 : Coupe schématique de l'implantation de l'usine

C. Accès

L'accès à l'usine se fera par le hameau du Crozat, en rive droite de l'Eau Rousse. Par la route, puis par une piste à partir du hameau.

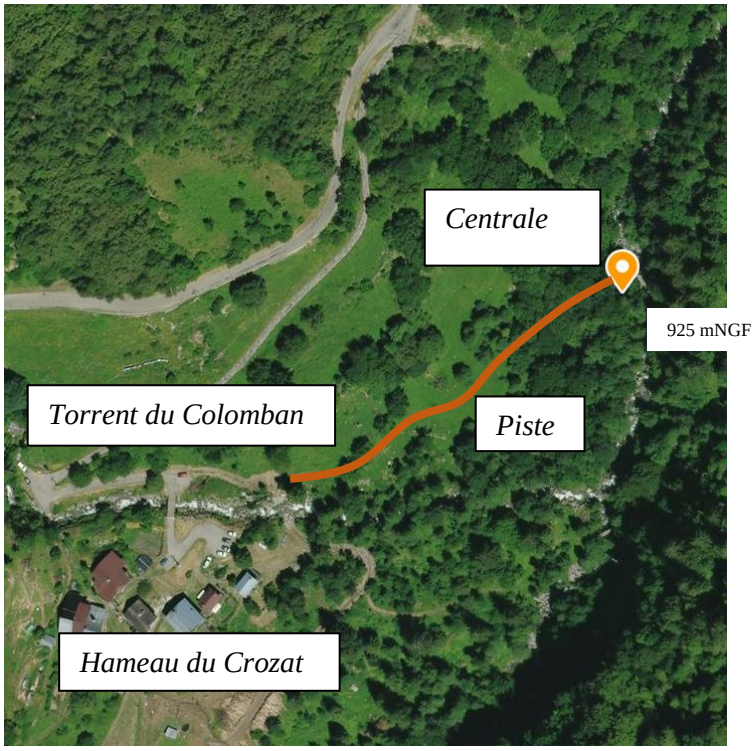


Figure 24 : Vu aérienne implantation de la centrale

D. Conception générale

L'architecture de l'usine cherchera à s'apparenter aux constructions locales afin de s'intégrer au mieux dans le site. Une architecture fonctionnelle et discrète sera mise en place plutôt qu'une architecture moderne ou atypique.

Les dimensions et l'organisation du volume pourront sensiblement évoluer en fonction de l'encombrement du matériel définitivement retenu. Le choix du type de turbine pourra orienter les hauteurs de pont roulant les emplacements d'ouvertures, les circulations du personnel et donc l'emplacement du bureau.

E. Dalle et sous-œuvre

Le sous œuvre du bâtiment sera relativement conséquent. Il comprend le puisard de rejet et la bâche de dissipation des eaux turbinées située sous la future turbine. Des massifs en béton armé réalisés sous la dalle de sol contribueront à bloquer les efforts de tension et de compression de la conduite forcée. La vanne de pied de la turbine sera implantée dans une fosse légèrement plus basse que la dalle principale et accessible depuis la salle des machines.

Des gaines seront laissées en attente dans le tout-venant sous la dalle de l'usine ; elles déboucheront dans les différentes fosses ou caniveaux prévus à cet effet. Les câbles de terre seront également incorporés au terrassement en masse en reprenant au passage les armatures métalliques du ferraillage.

La dalle principale comportera plusieurs caniveaux techniques destinés au passage des câbles électriques et d'automatisme ainsi qu'aux commandes hydrauliques des organes mécaniques. Tous les sols de l'usine recevront un carrelage clair ou une chape lissée et bouchardée avec en finition une couche de peinture glycéro anti-statique.

F. Murs

Le bâtiment sera réalisé en éléments agglomérés à partir d'une structure composée de plusieurs piliers ou en béton armé. Les murs auront une épaisseur proche de 0,20 m et serviront de support au pont roulant permettant la manutention des appareils électromécaniques.

Les murs intérieurs recevront une isolation phonique pour éviter aux maximum les émergences sonores à destination des habitations du hameau du Crozat.

Les murs extérieurs recevront un enduit coloré réalisé en trois couches :

- une première d'accrochage au mortier de ciment
- une deuxième couche colorée de redressage
- la troisième couche de finition sera réalisée au moyen d'un mortier teinté rustique selon les prescriptions des services de l'urbanisme.

G. Toiture

La charpente sera réalisée en bois ou en éléments métalliques. Une isolation phonique sera disposée sous les éléments de la couverture. La couverture sera à priori réalisée en bacs aciers selon les prescriptions des services de l'urbanisme.

H. Puisard de rejet et canal de fuite

La turbine sera installée sur un puisard débouchant dans le canal de fuite. Un seuil déversant de 0,50 m environ de hauteur sera réalisé en sortie du puisard. Il permettra de maintenir un tapis d'eau sous la turbine et d'éviter ainsi l'érosion du béton par la chute directe sur le radier.

Le canal de fuite permet de rejoindre le lit du torrent d'Eau Rousse distant d'environ 50 ml. Il sera composé d'un chenal non-bétonné rejetant les eaux turbinées dans le torrent d'Eau Rousse. Cette zone se trouve dans une zone humide à proximité du torrent.

I. *Exemples d'intégration*

Figure 25 : Bâtiment usine Bonneval

Figure 26 : Bâtiment usine de Villar d'Arêne

Figure 27 : Bâtiment usine du Lourdios

III. EQUIPEMENTS ELECTROMECANIQUES

III-1. Définition des ouvrages

Les équipements seront les suivants :

-une turbine,
-une génératrice,
-un transformateur de puissance ainsi qu'un transformateur auxiliaire,
-un ensemble de cellules Moyenne Tension 20 kV,
-une armoire d'automatisme,
-un système de télésurveillance,
-les compteurs d'énergie (propriété d'EDF).

III-2. Turbine

A. Implantation

Le niveau de l'axe de la roue sera calé environ 50 cm au-dessus de la dalle. La cote précise dépendra du type et du modèle de turbine retenu par le pétitionnaire après consultations préalables des fabricants. A ce stade du projet le matériel n'est pas encore retenu.

B. Caractéristiques (à confirmer avec le choix de centrale)

La turbine sera dimensionnée pour un débit maximal de : .....420 l/s
et une hauteur de chute d'environ : .....530 m

D'après notre expérience et selon les caractéristiques du projet, la turbine devrait être de type Pelton de 2 à 5 injecteurs.

C. Composition de l'ensemble

- Une vanne de pied isolant la turbine de la conduite forcée,
- Une tubulure d'admission alimentant chacun des injecteurs,
- Des injecteurs asservis permettant de réguler le débit dans la conduite,
- Autant de déflecteurs servant à dévier le jet des injecteurs,
- Une roue à augets de type Pelton,
- Un groupe hydraulique permettant d'actionner les éléments mécaniques.

Figure 28 : Exemple de turbine Pelton 4 jets à axe vertical

III-3. Génératrice

Vu la puissance de la machine et selon les exigences actuelles d'ERDF en matière de raccordement, la machine devrait être une génératrice synchrone, aussi appelée alternateur.

Figure 29 : Le même alternateur monté sur sa turbine

Les caractéristiques de la machine devraient à peu de chose près être les suivantes :

- Tension : 690 V
- Vitesse : 750 tr/mn
- Protection : IP 23
- Isolation : classe F
- Echauffement : classe F

La machine est prévue avec :

- Sondes paliers type PT 100
- Sondes bobinages type PT 100
- Résistance de réchauffage
- Excitatrice à diodes tournantes

III-4. Transformateurs

A. Transformateur de puissance

Quantité : 1
Puissance : 2 000 kVA
Primaire : 690 V
Secondaire : 20 000 V +/- 2,5 % (abaisseur)
Diélectrique : huile
Protection : DGPT2

Le transformateur de puissance élève la tension issue de la machine afin d'évacuer le courant sur le réseau 20 000 V. Il sera installé dans un local spécifique bien ventilé et surmontera une fosse coupe-feu pouvant contenir la totalité du liquide diélectrique qu'il contient.

Figure 30 : Transformateur

B. Transformateur des auxiliaires

Quantité : 1
Puissance : 50 kVA
Primaire : 20 000 V +/- 2.5 (abaisseur)
Secondaire : 400 V +/- 2.5 %
Diélectrique : huile

Ce transformateur abaisse la tension du réseau en 400 V pour assurer l'alimentation électrique de l'usine. Il sera probablement implanté dans le local du transformateur de puissance.

Figure 31 : Transformateur auxiliaire

III-5. Armoires de moyenne tension

L'équipement comprendra :

-1 cellule de départ vers le réseau 20 kV,
-1 cellule comportant les TP (Transformateur de Potentiel) de comptage,
- 1 cellule disjoncteur général
-1 cellule de protection du transformateur auxiliaire,
-1 cellule de couplage et de protection du groupe,

Figure 32 : Armoire électrique

III-6. Armoires de contrôle commande

Cette armoire sera constituée de :

- Tous les interrupteurs, disjoncteurs, transformateurs et relais nécessaires à la protection et au fonctionnement des divers organes de la centrale.
- Toute l'instrumentation commune voltmètre, ampèremètre, wattmètre, …
- Un automate programmable assurant la marche automatique de la centrale.
- Un système de télégestion permettant : d'envoyer une alarme téléphonique en cas de défaut, d'acquitter les défauts à distance, d'envoyer des télécommandes (mise en marche et arrêt de l'installation).
- Un pupitre tactile servant d'interface homme/machine.

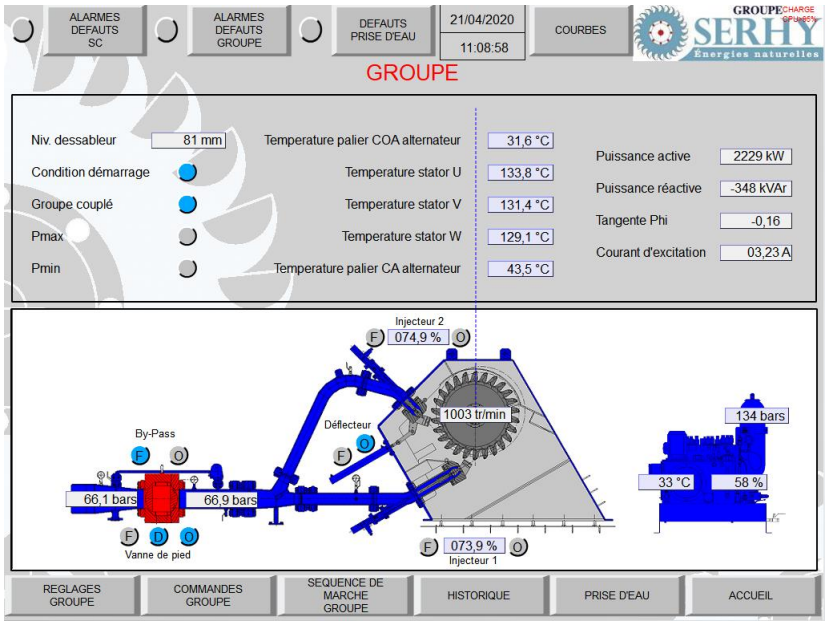


Figure 33 : Exemple d'écran de commande

III-7. Equipements divers

A. Manutention

Le bâtiment sera équipé d'un mono rail ou d'un pont roulant de manutention avec palan électrique. L'appareillage sera dimensionné en fonction du poids de l'alternateur qui est l'organe le plus lourd installé dans l'usine (probablement une quinzaine de tonnes).

B. Eclairage, chauffage et prises de courant

Il sera installé dans le bâtiment :

-l'éclairage intérieur,
-l'éclairage extérieur,
-le chauffage (aérothermes) pour éviter les risques de gel,
-des prises de courant 220 et 380 Volts.

IV. RECAPITULATIF DES DIFFERENTES COTES DU PROJET

Ouvrage	Eléments cotés	Cote
Prise d'eau	Pied du barrage	1456,00 mNGF
	Crète du barrage	1459,00 mNGF
	Cote de mise en charge de la conduite	1455,50 mNGF
Conduite Forcée	Longueur	2 100 m
	Diamètre	500 mm
Usine	Dalle	927.00 mNGF
	Cote de turbinage	927.50 mNGF
	Cote de rejet	925.00 mNGF

CAPACITE DE PRODUCTION DU PROJET

Le projet est une microcentrale hydroélectrique.

Celle-ci turbinera les eaux du torrent du Colomban pour les rejeter ensuite dans l'Eau Rousse en aval de la confluence avec le Colomban.

Les éléments suivants sont tirés de la pièce jointe n°29 de ce même dossier :

Le module du torrent du Colomban est de 245 l/s et nous décidons d'équiper l'usine pour un débit de 420 l/s. Nous laisserons un débit réservé de minimum 40 l/s dans le lit naturel du Colomban. Ainsi, le débit turbinable moyen sera de 137 l/s.

La puissance normale disponible (PND) se calcule avec les données suivantes :

$$PND = 8 \times Q_{moyen} \times H_{nette}$$

Avec :

- Q_{moyen} est le débit moyen dérivable = 137 l/s.
- « 8 » une valeur arbitraire fixée par l'administration équivalent à l'accélération de la pesanteur (9,81) affectée des rendements mécaniques de la turbine et des rendements électriques de l'alternateur et du transformateur
- H_{nette} est la hauteur de chute prenant en compte les pertes de charges crées dans la conduite forcée

Soit :

$$PND = 8 \times 0{,}137\ m^3/s \times 511\ m$$
$$PND = 560\ kW$$

Le productible journalier est obtenu à partir des valeurs de débit turbinable du projet en tenant compte des pertes de charges de la conduite et des rendements de l'installation.

Pour ce projet, on obtient un productible annuel de **5 860 500 kWh/an**

TECHNIQUES UTILISEES

Les techniques utilisées pour la construction de la microcentrale seront classiques pour les ouvrages de gros œuvre tels que le bâtiment usine. La difficulté dans le bâtiment usine, sera l'acheminement des pièces telles que la turbine ou l'alternateur jusqu'à la salle des machines. Une porte de grande dimension sera prévue pour laisser entrer ces pièces voire même le camion les transportant. L'installation de ces pièces nécessite au préalable un pont roulant pour manipuler ces éléments en toute sécurité entre le camion de livraison et leur emplacement final dans l'usine.

Il en sera de même pour la prise d'eau, bien qu'il faille détourner provisoirement l'eau du Colomban afin d'assécher l'emplacement de la prise d'eau durant les travaux avant de le remettre dans son lit naturel une fois le barrage construit.

Pour la conduite forcée en revanche, ce sera aux professionnels de déterminer les techniques qu'ils utiliseront. En effet, concernant le tronçon sous le chemin pour l'accès à la prise d'eau, cela se fera sans problèmes spécifiques pour ces professionnels. En revanche, la zone plongeant sous le hameau du Biollay jusqu'à l'usine est plus délicate, d'autant que la route départementale traverse le passage de la conduite forcée. Il faudra faire attention au passage et cela nécessitera certainement la coupure de la circulation.

Ces éléments seront déterminés avec plus de précisions lors de la visite avec les entreprises retenues en phase d'exécution.

SUIVI DE LA SURVEILLANCE

La microcentrale fonctionnera 24h/24, 365 jours par an hormis les petits incidents ou les phases de maintenance.

L'ensemble du fonctionnement sera automatisé et un grand nombre d'actions se feront par la télégestion. Les risques d'accidents par le personnel affecté aux ouvrages seront faibles car la fréquentation des installations sera limitée.

Les fréquences approximatives de visites seront les suivantes : à l'usine, quelques dizaines de minutes quotidiennement, à la prise d'eau, quelques minutes hebdomadairement.

L'usine comportera des équipements électromécaniques dont divers capteurs (pression de la conduite, vitesse de la machine, ...) dont les valeurs seront consultables à distance via le système de télésurveillance. En cas d'incident, le personnel d'intervention connaîtra l'état des installations avant de se rendre sur place et pourra anticiper les éventuels risques.

Les visites journalières du surveillant, seront bien encadrées et fortement suivies. Ce dernier contactera le chargé d'exploitation avant de se rendre sur place et lui rendre compte de son intervention. La porte d'entrée sera équipée d'un contact électrique afin de connaître les heures d'entrées e de sorties de l'usine. Si une intervention dure plus que de raison, le chargé d'exploitation alertera les secours ou tout autre personne susceptible d'intervenir rapidement à l'usine.

La prise d'eau sera elle aussi équipée de capteurs (position des vannes, niveau d'eau permettant d'évaluer les débits, ...) et d'une caméra pour connaître la situation avant de se rendre sur place.

Le surveillant de l'installation sera équipé d'un téléphone portable. Il informera le bureau d'exploitation de sa venue sur place, rendra compte des conditions météo et des conditions d'accès, et débriefera de son intervention une fois redescendu. Ce retour d'information permettra d''annuler une intervention si elle est jugée dangereuse et d'anticiper les opérations futures afin qu'elles se déroulent dans de bonnes conditions.

INTERVENTION EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

Si un problème survient lors d'une opération de maintenance à l'usine, le surveillant ou l'équipe de maintenance présents à l'usine pourront joindre à tout moment les secours, ou à défaut le chargé d'exploitation, grâce au téléphone fixe mis à disposition dans le bâtiment.

pour la prise d'eau, il n'y aura pas de dispositif particulier de prévention ou de détection d'incident ou d'accident au niveau de la prise d'eau. Les consignes de sécurité sont celles qui sont habituelles dans ce genre d'environnement, à savoir la présence de bouées et de gilets de sauvetage sur place.

Surveillance en toutes circonstances :

En cas d'arrêt de la centrale à la suite d'une coupure du réseau, la turbine se fermera entraînant une montée des eaux dans la prise et éventuellement une ouverture de la vanne de chasse. On observera une montée des eaux dans le tronçon court-circuité.

Le débit d'eau en surplus, sera au maximum, égal au débit d'équipement de l'installation. Dans le cas le plus pessimiste, le débit du tronçon court-circuité passera de la valeur de débit réservé à la valeur du débit d'équipement + débit réservé.

L'augmentation de débit se traduira par une montée peu significative des eaux dans le tronçon court-circuité ser progressive et n'engendrera aucun risque pour les tiers.

Consignes d'exploitation en cas de crues :

Lorsque le débit d'entrée dans la prise d'eau du torrent du Colomban excédera le débit maximum dérivable, le niveau dans la prise aura tendance à monter. La vanne de chasse s'ouvrira progressivement pour évacuer l'excédent d'eau par le fond et la centrale pourra rester en fonctionnement. Dès lors, une surveillance plus fine des installations s'opérera.

Si la crue s'intensifie, l'exploitant décidera de l'arrêt de l'usine pour éviter l'engravement des ouvrages. La vanne d'isolement de la prise et la vanne de chasse seront ouvertes pour effacer le barrage.