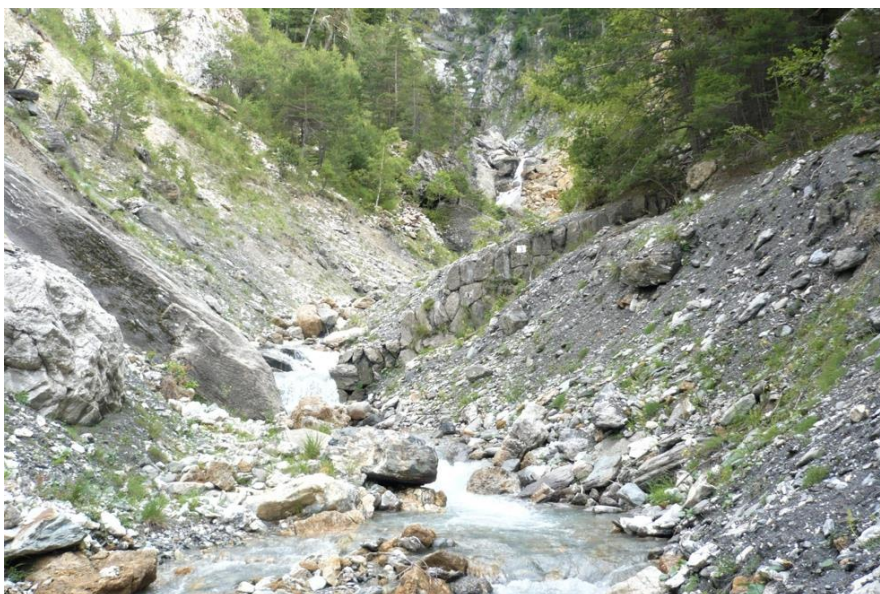


# Construction d'une microcentrale hydroélectrique de haute chute sur le torrent de Saint-Antoine

## Présentation de l'avant-projet



### Maitre d'ouvrage

**Compagnie Comtoise des Eaux Vives SAS**

Rue Mouras, 5<sup>E</sup>  
25 000 Besançon

#### Réalisation

MTBE SA  
Rue Guillaume d'Orange, 111  
B-4100 Seraing (Belgique)  
Tel : +32 (0)43 25 08 00  
Mail contact : [cburton@mtbe.be](mailto:cburton@mtbe.be)  
Web : [www.mtbe.be](http://www.mtbe.be)



**mtbe**

MERYTHERM BUREAU D'ÉTUDE

**Août 2021**

#### Appui technique

**id2b Consulting** 

12 rue Claude LORRAIN 75016 PARIS  
[b.barroux@id2b-consulting.com](mailto:b.barroux@id2b-consulting.com)

#### REFERENCE

**21EXP051v00**

## Table des matières

<b>1. Préambule</b>	<b>7</b>
1.1 Contexte	7
1.2 Organisation du projet	8
1.3 Présentation de la structure porteuse et développeuse du projet	10
1.4 Objectifs	11
<b>2. Présentation générale du site</b>	<b>11</b>
2.1 Contexte géographique	11
2.2 Forêt domaniale	13
2.3 Contexte administratif	16
2.4 Aménagements existants identifiés	16
2.5 Occupation du sol	19
2.6 Contexte réglementaire	20
2.6.1 Code de l'environnement	20
2.6.2 Directives et SDAGE	24
<b>3. Enjeux environnementaux</b>	<b>26</b>
3.1 Analyses des risques naturels	26
3.1.1 Identification des risques	26
3.1.2 Plans de prévention des risques naturels	29
3.2 Urbanisme	32
3.3 Diagnostic environnemental et incidences	32
3.4 Milieux humains	37
3.4.1 Usages	37
3.4.2 Sites culturels patrimoniaux	37
3.4.3 Risques	37
3.5 Hiérarchisation des enjeux environnementaux et mesures envisagées	38
<b>4. Présentation du projet hydroélectrique du Saint-Antoine</b>	<b>39</b>
4.1 Localisation des aménagements envisagés	39
4.1.1 Généralités	39
4.1.2 Prises d'eau et dégraveur	41
4.1.3 Cheminement de la conduite forcée	47
4.1.4 Centrale	58
4.2 Chiffres clés	59
4.3 Caractéristiques techniques	60
4.3.1 Débits caractéristiques	60
4.3.2 Prises d'eau et dégraveur	60
4.3.3 Conduite forcée	69
4.3.4 Centrale – alternative en rive gauche à Modane	70
4.3.5 Raccordement électrique	74
<b>5. Construction et exploitation</b>	<b>78</b>
5.1 Construction de la centrale hydroélectrique	78

---

<b>5.2.</b>	<b>Exploitation de la centrale hydroélectrique, moyens de suivi et de surveillance</b>	
	<b>81</b>	
5.2.1	Généralités.....	81
5.2.2	Prise d'eau et dégraveur .....	82
5.2.3	Conduite forcée.....	82
5.2.4	Centrale.....	82
5.2.5	Sécurité a l'aval des ouvrages .....	83
5.2.6	Sécurité des tiers.....	84
<b>6</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>86</b>

---

## Liste des Figures

Figure 1 - Diagramme des différentes phases du projet de réalisation de la centrale hydroélectrique .....	9
Figure 2 - Localisation de la zone d'étude sur la carte du bassin versant de l'Arc dans la vallée de la Maurienne (Source : Bilan du contrat de rivière « Arc et affluents » - Module 1 – État initial et final ». SOGREAH, Octobre 2004).....	12
Figure 3 - Localisation de la zone d'étude sur la carte IGN 1:35 000 (Source : <a href="http://www.geoportail.gouv.fr">www.geoportail.gouv.fr</a> ).....	13
Figure 4 - Localisation de la zone d'étude sur la carte des forêts (forêt domaniale de Belle-Plinier en vert, forêt communale de Villarodin-Bourget en brun en rive droite et forêt communale de Modane en rive gauche; Source : <a href="http://www.geoportail.gouv.fr">www.geoportail.gouv.fr</a> ).....	15
Figure 5 - Localisation des aménagements forestiers (Source : plan d'aménagement ONF) .....	15
Figure 6 - Localisation des équipements structurants (Source : plan d'aménagement ONF).....	16
Figure 7 - Barrages poids sur le ravin de la Montagne (source : ONF-RTM (2016). ....	18
Figure 8 - Localisation des aménagements existants (Source : <a href="http://www.geoportail.gouv.fr">www.geoportail.gouv.fr</a> ). ....	19
Figure 9 - Localisation de la zone d'étude sur la carte d'occupation du sol "Corine Land cover 2018" (Source : <a href="http://www.geoportail.gouv.fr">www.geoportail.gouv.fr</a> ).....	20
Figure 10 - Localisation de la zone étudiée sur la carte des risques d'avalanches .....	27
Figure 11 - Localisation des risques sur le bassin versant du Saint-Antoine (Carte Robert Marie, 1985).....	28
Figure 12 - Zonage réglementaire du PPRN de Modane (source : <a href="http://www.observatoire.savoie.equipement-agriculture.gouv.fr/Communes/carteppr.php">http://www.observatoire.savoie.equipement-agriculture.gouv.fr/Communes/carteppr.php</a> ) – projet dans les ellipses noires.....	31
Figure 13 - Cartographie du plan local d'urbanisme de la parcelle de la centrale (source : <a href="https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/map/preview/">https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/map/preview/</a> ) .....	32
Figure 14 - Localisation de la prise d'eau, la conduite forcée et la centrale. ....	40
<b>Figure 15 : Position des prises d'eau et du dégraveur.</b> .....	44
<b>Figure 16 : Vue du site de la prise d'eau (photos : SAGE Ingenierie).</b> .....	45
Figure 17 : Repérage des couloirs d'avalanche (en jaune pour l'interprétation des phénomènes passés et en rose pour les observations) et des zones de glissement (le plan a droite en brun) (source : <a href="http://geoportail.gouv.fr">geoportail.gouv.fr</a> ).....	46
<b>Figure 18 : vue 3D de la prise d'eau et du dégraveur depuis l'aval et l'amont (S1 : au-dessus ; S2 : en dessous).</b> .....	47
Figure 19 : Tracé général de la conduite (source : <a href="http://geoportail.gouv.fr">geoportail.gouv.fr</a> ) .....	49
Figure 20 : Tracé de la conduite entre le point A et le point B (source : <a href="http://geoportail.gouv.fr">geoportail.gouv.fr</a> ). ....	49
Figure 21 : Cheminement en rive droite du torrent et exemples de thalwegs qui canalisent les blocs vers le tracé (photos : SAGE Ingenierie). ....	50
Figure 22 : Tracé de la conduite entre le point B et le point D (source : <a href="http://geoportail.gouv.fr">geoportail.gouv.fr</a> ). ....	51



Figure 23 : Tracé de la conduite entre le point A (prise d'eau) et le point B (source : géoportail.gouv.fr).....	52
Figure 24 : Passage thalweg (en haut) et vue du sentier longé au début de ce secteur (en dessous) (photos : SAGE Ingenierie,, MTBE).....	53
Figure 25 : Tracé de la conduite entre le point D et le point E (source : géoportail.gouv.fr). .....	53
Figure 26 : Vue de la piste de ski au point E.....	54
Figure 27 : Vue arrachements et zones d'effondrement actives évitées à l'altitude 1600m (photos : SAGE Ingenierie) .....	55
Figure 28 : Tracé de la conduite entre le point E et le point G (source : géoportail.gouv.fr). .....	56
Figure 29 : Vue sur des arrachements du second secteur de glissement (en haut). Vue sur le sentier panoramique (en bas) (photos : SAGE Ingenierie et MTBE).....	57
Figure 30 : Vue sur le replat et la zone d'activités récréatives. ....	58
Figure 31 : Tracé de la conduite entre le point H et le point I (source : géoportail.gouv.fr). .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 32 : Vue de la comble ou chemine un ancien sentier (en haut) et chutes actives de pierres et de blocs sur la rive gauche de la combe (photos : SAGE Ingenierie). .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 33 : Vue des falaises de gypses pouvant générer des chutes de blocs à droite du tracé (photos : SAGE Ingenierie).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 34 : Vue du franchissement du torrent et du cheminement en rive gauche (photos : SAGE Ingenierie). ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 35 : Tracé de la conduite entre le point I et le point J (source : géoportail.gouv.fr). .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 36 : Passage de la conduite à l'aval du chaos de pierre (au-dessus) et chaos de pierres a éviter (en dessous) (photos : SAGE Ingenierie). <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 37 : Tracés de la conduite entre le point J et le point K avec ses variantes (source : géoportail.gouv.fr).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 38 : Piste carrossable (à gauche) et plage de dépôt (à droite). <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Figure 42 – Parcellaire cadastral en rive droite de la zone des lacs de la station de la Norma.....	59
Figure 43 – Vues 3D, en plan et coupe de la prise d'eau et du seuil (solution 2).....	63
Figure 44 – Vues 3D, en plan et coupe de la prise d'eau et du seuil (solution 1).....	64
Figure 45 – Coupe du modèle dans le seuil projeté (solution 1 ; batardeau fermé au-dessus et ouvert en dessous ). ....	67
<i>Figure 46 – Vue sur la zone d'emplacement du dégraveur et du seuil. ....</i>	68
Figure 47 – Principe d'une turbine Pelton à 2 injecteurs. ....	71
Figure 48 – Vues 3D et en plan du bâtiment (illustration indicative, l'aspect définitif sera adopté en concertation avec les services conseils et instructeurs). ....	72
Figure 49 – Réseau ENEDIS à proximité de la centrale (source : <a href="https://www.enedis.fr/cartographie-des-reseaux-denedis">https://www.enedis.fr/cartographie-des-reseaux-denedis</a> ).....	75

Figure 50 – Cheminement du câble (en jaune) jusqu'au poste identifié (source : géoportail.gouv.fr).....	76
Figure 51 –Capacité d'accueil du réseau de transport et de distribution (source : <a href="https://www.capareseau.fr/">https://www.capareseau.fr/</a> ).....	77
Figure 52 – Accès envisagé à la prise d'eau en phase chantier et d'exploitation (tracé rouge depuis la Norma).....	79

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Synthèse sur les zonages environnementaux (source : Eccel, 2020) .....	34
Tableau 2 : Enjeux identifiés (source : Eccel, 2020) .....	35
Tableau 3 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux identifiés sur la zone d'étude (source : Eccel, 2020) .....	38
<b>Tableau 4 : Localisation de la zone des prises d'eau.....</b>	<b>46</b>
Tableau 7. Caractéristiques de localisation de la centrale hydroélectrique.....	59
Tableau 8 – Modélisation hydraulique des ouvrages (batardeaux posés).....	67
<b>Tableau 9 : Parcelles cadastrales pour les prises d'eau et le dégraveur.....</b>	<b>69</b>
Tableau 10 : Parcelles cadastrales pour la conduite forcée.....	70
Tableau 11 : Parcelles cadastrales pour la centrale.....	73

# 1. Préambule

## 1.1 Contexte

Suite à l'appel à projet (ONF1) lancé par l'Office National des Forêts (ONF) pour équiper dix-huit torrents dont elle a la gestion, la Compagnie Comtoise des Eaux Vives (CCEV) a été sélectionnée par l'ONF pour étudier la faisabilité de mise en œuvre de quatre projets hydroélectriques sur les torrents du Saint-Antoine, du Grand-Vallon, du Rieu-Béni et de la Grollaz situés dans la vallée de la Maurienne. Ces projets font l'objet d'une convention entre le développeur de projet et l'ONF.

Par ailleurs, la compagnie Comtoise des Eaux Vives est également l'un des lauréats de l'appel à projet « ONF2 » lancé par l'ONF sur ses torrents en gestion pour 7 sites à développer dans les vallées du Buëch et de l'Ubaye.

Ces projets, situés en montagne à moyennes et hautes altitudes, doivent faire l'objet d'une attention particulière dans leur développement afin de tenir compte du contexte technique, social, économique, politique et environnemental.

La problématique énergie-climat est le principal défi de l'humanité pour les prochaines années :

- Le réchauffement climatique probablement causé par les émissions liées à la combustion de carburants fossiles menace la prospérité économique, la production agricole, et les infrastructures ;
- La pollution de l'air est la source de nombreuses maladies et décès et les premières mesures de restriction de la mobilité impactent la population des grandes agglomérations comme des vallées ;
- Le système actuel de génération d'électricité ne peut pas prendre le relais sans investissements additionnels car il tourne au maximum : le système électrique français est d'ores et déjà aux limites de ses capacités lors des jours de grand froid.

L'hydroélectricité représente la meilleure solution pour y faire face :

- Il s'agit d'une source d'énergie renouvelable ;
- Elle ne produit pas de gaz à effet de serre, ni d'autres gaz polluants ;
- Il s'agit d'une source d'énergie nationale (qui améliore la balance commerciale) ; elle utilise des équipements de conception et de fabrication française ou européenne ;
- Pour les sites avec lacs de retenue, elle permet un stockage de l'électricité et apporte ainsi une contribution appréciable à la stabilité du système électrique.

Ce projet s'inscrit en outre dans les objectifs de l'état Français de porter la part des énergies renouvelables à 32% de la consommation finale brute d'énergie en 2031. Pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40% de la production d'électricité.

La CCEV et ses partenaires s'inscrivent dans une réflexion de développement durable pour les différentes collectivités locales et souhaitent proposer un projet intégré, tenant compte des spécificités du site et de son environnement.

Le développement du projet intègre une consultation à l'amont des parties prenantes identifiées et la Compagnie Comtoise des Eaux Vives, par les exemples de centrales hydroélectriques qu'elle a déjà mise en œuvre et qu'elle exploite sur tout le territoire français, se veut proposer une approche concertée.

Des échanges réguliers ont lieu avec l'ONF et les collectivités ont été rencontrées pour de premiers échanges sur le projet. Suivi et concertation avec les Administrations et les parties prenantes sont deux composantes essentielles au bon déroulement du projet.

Le projet hydroélectrique de Saint-Antoine présente les caractéristiques suivantes :

- Hauteur de chute maximale : 463 m
- Débit d'équipement : 200 l/s
- Puissance maximale brute : 750 kW

## 1.2 Organisation du projet

La réalisation d'une centrale hydroélectrique comprend plusieurs étapes depuis la faisabilité et le choix des sites de prise d'eau et de restitution jusqu'à l'exploitation de la centrale. Les composantes environnementales et d'intégration paysagère sont essentielles et la Compagnie Comtoise des Eaux Vives fait appel à des bureaux d'études spécialisés afin de conserver une objectivité maximale dans l'approche des données et des recommandations.

Elle a confié la mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage au bureau d'étude MTBE SA, spécialisé en développement de projet hydroélectrique qui gère le projet et les différentes phases de l'étude. Ce dernier est assisté par ID2B Consulting pour les dimensionnements des ouvrages.

Pour certaines étapes du développement et de construction du projet comme l'intégration des volets environnementaux et les inventaires liés, les études paysagères, le diagnostic écologique, le génie civil ou encore les études liées à la conduite forcée, des

---

<sup>1</sup> Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17 août 2015

bureaux d'études ou des entreprises spécialisées sont mandatées, notamment Eccel pour les études environnementales ou SAGE pour les études géotechniques.

L'organisation suivante est proposée dans le cadre du projet hydroélectrique de Saint-Antoine dans la forêt domaniale RTM de Belle-Plinier :

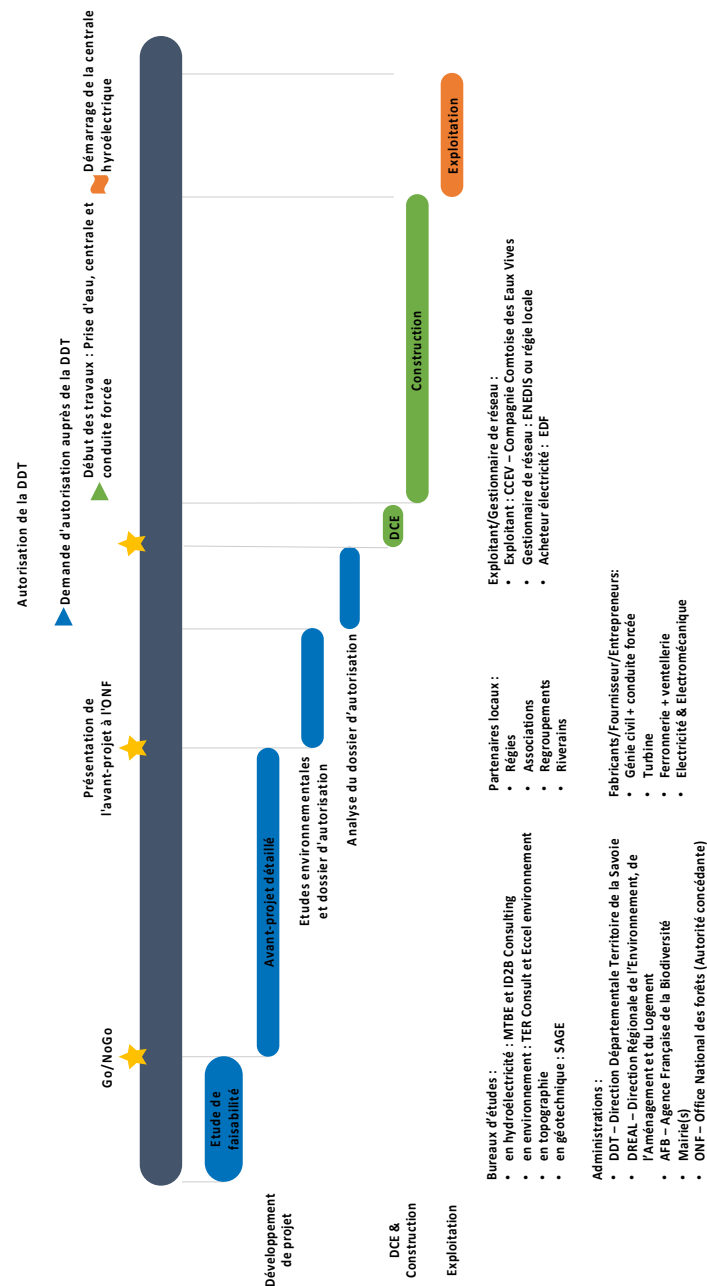


Figure 1 - Diagramme des différentes phases du projet de réalisation de la centrale hydroélectrique



### 1.3 Présentation de la structure porteuse et développeuse du projet

La Compagnie Comtoise des Eaux Vives (CCEV) a été créée en 2008 pour développer des projets de micro-hydroélectricité en France avec une vision de long terme.

Elle est le partenaire idéal pour un projet réussi et intégré :

- Elle ne fait que de l'hydroélectricité afin de capitaliser sur une expertise technique avancée ;
- Elle développe puis opère les installations, afin de bénéficier du retour d'expérience de l'exploitation ;
- Elle met en œuvre au quotidien 3 valeurs fondamentales :
  - Démarche citoyenne : La CCEV a été le pionnier en Europe du financement participatif (FP) pour des projets de micro-hydroélectricité et y a désormais recours de manière systématique tout en évangélisant la profession : elle a notamment présenté l'approche lors des 4<sup>èmes</sup> rencontres de l'hydroélectricité de l'ADEME en 2016
  - Démarche environnementale : la CCEV attache la plus grande importance à l'ensemble des aspects environnementaux et écologiques de ses projets ; elle décline cette philosophie dans chacune des étapes de ses projets ; elle a été lauréate d'un trophée de la petite hydro dans la catégorie Environnement en 2017
  - Transparence et communication : la plus grande attention est donnée à l'information et à la consultation des parties prenantes : réunion de présentation du projet et/ou réunion sur site pendant le déroulé des travaux ; site web d'information des riverains et parties prenantes ; réunions proactives avec les élus et administrations en amont ; journées portes ouvertes pendant les travaux et pendant l'exploitation.

Par ailleurs, la CCEV a aussi été retenue sur trois autres sites de l'appel à projet de l'ONF1 et sept sites de l'appel à projets de l'ONF 2. Sur base des premiers résultats, des études de faisabilité, de la qualité des échanges avec les interlocuteurs de l'ONF, la CCEV a décidé de continuer ses efforts et investissements sur les sites des Alpes.

En outre, dans les dernières années, ce sont deux sites qui ont été construits ex nihilo (Verrières sur la Seine – 280 kW et Courteron sur la Seine – 135 kW) et trois sites en développements à Thoraise sur le Doubs (1,4 MW), à Brienne sur l'Aube (228 kW) et à Clerval sur le Doubs (1,65 MW).

La CCEV a également l'habitude d'obtenir pour les projets de ses filiales le soutien de partenaires bancaires et financiers de premier ordre comme le Crédit coopératif de Besançon, Bpifrance ou encore LUMO (filiale de la Société Générale).

Ce sont actuellement 6 millions d'euros qui sont déjà sécurisés pour la réalisation de ces projets hautes chutes. La CCEV finance typiquement ses projets à concurrence d'environ

20% en fonds propres, ce qui crédite ses capacités financières pour atteindre ses ambitions dans les Alpes.

Enfin, en tant que partenaire historique et pionnier pour le financement participatif de quasi-fonds propres, notre partenaire LUMO nous accorde une exclusivité sur les appels d'offre auxquels nous participons. La CCEV a recours au Financement Participatif de manière systématique afin de donner la possibilité aux habitants des régions concernées de participer aux projets

La CCEV se repose sur l'expérience de MTBE SA, société exclusivement spécialisée dans le développement de projets hydroélectriques, avec plus d'une centaine de centrales développées ou en cours de développement en Europe de l'Ouest et en Afrique et une expérience solide dans le développement, le suivi et l'exploitation de projets hydroélectriques intégrés.

## 1.4 Objectifs

Ce document a pour objectif de présenter le projet dans le cadre de la mise en place d'une centrale hydroélectrique de haute chute sur le torrent de Saint-Antoine, sur la commune de Villarodin-Bourget.

Les chapitres suivants reprennent :

- La présentation générale du site (**chapitre 2**) ;
- Les enjeux environnementaux, le diagnostic et les premières mesures envisagées pour éviter, réduire et compenser les incidences sur l'environnement (**chapitre 3**) ;
- La présentation du projet hydroélectrique et ses caractéristiques techniques et hydrologiques (**chapitre 4**) ;
- Les modalités de constructions et d'exploitation (**chapitre 5**).

Le présent rapport propose les conclusions de l'avant-projet à l'intention de l'ONF.

## 2. Présentation générale du site

### 2.1 Contexte géographique

Le projet faisant l'objet de ce rapport est situé dans le département de la Savoie, entre les communes de Modane et Villarodin-Bourget, sur le torrent de Saint-Antoine. Situé dans la vallée de la Maurienne, le torrent de Saint-Antoine est un affluent de la rivière l'Arc (elle-même affluent de l'Isère et sous-affluent du Rhône).

La **Figure 2** situe la zone d'étude dans le bassin versant de l'Arc et la **Figure 3** situe la zone d'étude sur une carte IGN 1:35000.

Le cours d'eau présente un linéaire de 5,9 km dont une grande partie est situé en forêt domaniale. Sa pente moyenne est de 31% avec un périmètre et une surface de bassin versant à la confluence de respectivement 11,8 km et 6,5 km<sup>2</sup>.

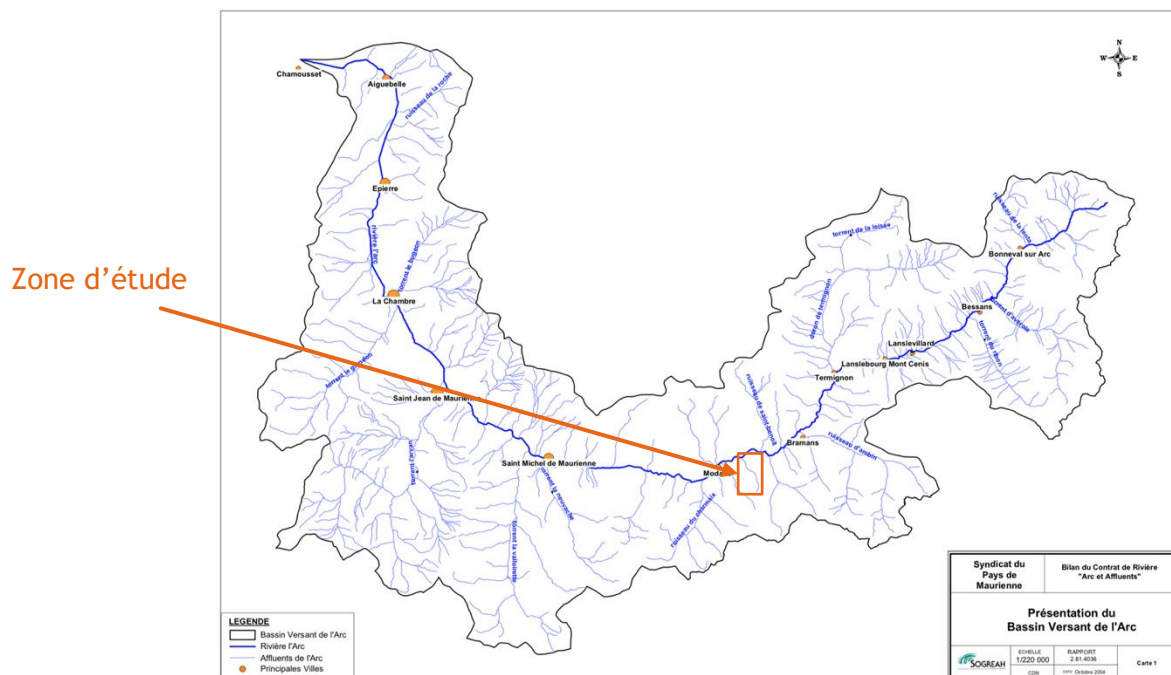


Figure 2 - Localisation de la zone d'étude sur la carte du bassin versant de l'Arc dans la vallée de la Maurienne (Source : Bilan du contrat de rivière « Arc et affluents » - Module 1 – État initial et final ». SOGREAH, Octobre 2004).

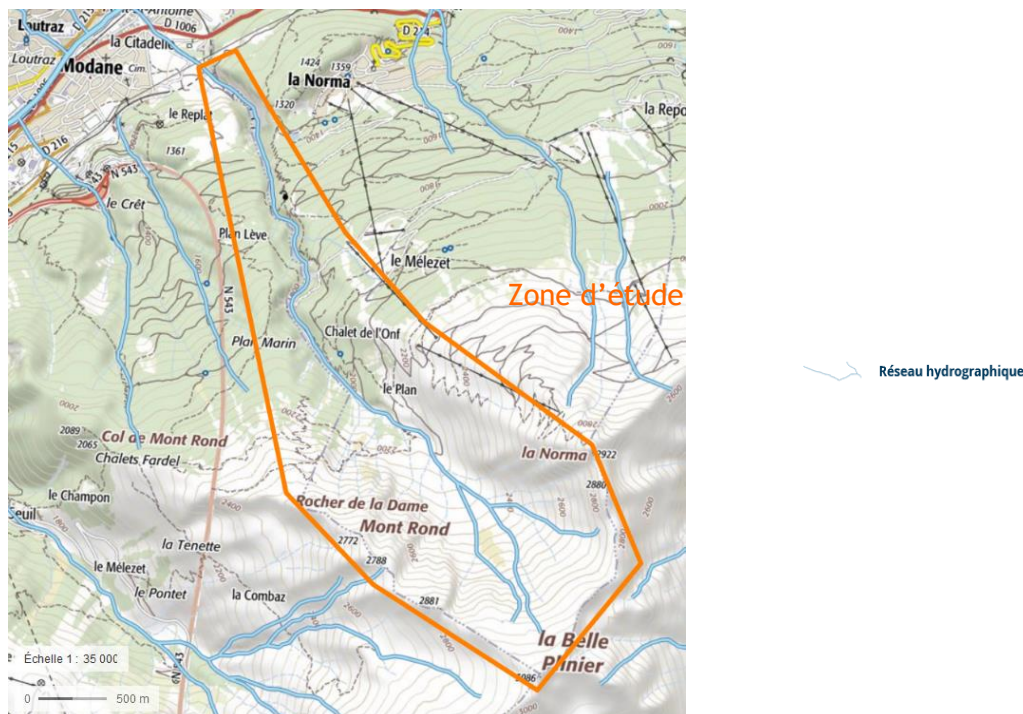


Figure 3 - Localisation de la zone d'étude sur la carte IGN 1:35 000 (Source : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr))

## 2.2 Forêt domaniale

La forêt domaniale de Belle-Plinier se situe entre la forêt communale de Modane et la forêt communale de Villarodin-Bourget. Elle présente des altitudes minimales et maximales de 1160 et 3080 m.

Cette forêt domaniale RTM de Belle-Plinier occupe 703 ha. La totalité de la forêt a été acquise en plusieurs fois (1894, 1921, 1927 et 1941). Elle couvre près de 65 % du périmètre d'étude et s'étend sur les communes de Modane en rive gauche du Saint-Antoine et de Villarodin-Bourget en rive droite. Celle-ci est prioritairement affectée à la fonction de protection physique, à la fonction écologique et à la fonction sociale, tout en assurant une production ligneuse, dans le cadre d'une gestion durable multifonctionnelle. Les peuplements productifs (surface en sylviculture) ne représentent, de même, que 12% de la surface totale. Le reste de la forêt est composée de vides, peuplements inaccessibles, de peuplements médiocres et des terrains situés dans un projet de Réserve Biologique Intégrée. L'accroissement des arbres du peuplement productif est faible (moins de 3 m<sup>3</sup>/ha/an).

Malgré une desserte potentielle par tracteur sur une partie du peuplement, le câble reste le mode d'exploitation le plus judicieux. En effet, la parcelle accessible par tracteur longe une piste de ski, ce qui induit des contraintes matérielles dépréciées par rapport au câble.

L'estimation de la production de la zone en sylviculture est de l'ordre de 150 à 200m<sup>3</sup>.

Environ 18% de la forêt (128 ha) sont classés en enjeu écologique fort. Il s'agit de la future Réserve Biologique Intégrale de la Belle-Plinier.

Les parcelles traversées par la conduite forcée sont celles numérotées 21 et 22 en rive droite du Saint-Antoine.

Plusieurs facteurs ont contribué à la création de la série domaniale du Saint-Antoine :

- D'une part, il était constaté un état de dégradation avancé des sols au niveau des parties communales du cône de déjection, notamment sur Modane, alors que le bassin de réception comprenait de belles prairies particulières.
- D'autre part, des crues importantes, notamment celles de 1859 puis de 1866, causèrent des dégâts importants sur la commune de Modane : le débordement du torrent sur le cône provoqua à chaque fois des inondations dans les maisons du bourg et les dommages furent évalués à 10 000 francs de l'époque pour chaque crue.

Enjeu écologique :

- L'ensemble de la forêt est à « proximité » du parc national de la Vanoise.
- ZNIEFF de type 1 : Forêts de résineux de l'ubac de la Haute Maurienne Pelouses steppiques du Villard 820031513 (bas de forêt) : 4 263 ha
- ZICO : Parc National de la Vanoise : 67 600 ha
- PNA : Chiroptères

Enjeu social : aucune activité, hormis la randonnée, n'est à signaler sur le secteur concerné par les aménagements. A noter qu'aucune piste de ski n'est signalée dans le secteur du projet.

La **Figure 4** présente le torrent de Saint-Antoine et sa situation par rapport à la forêt domaniale du même nom tandis que les **Figure 5** et **Figure 6** proposent des vues générales sur la structure de la forêt.



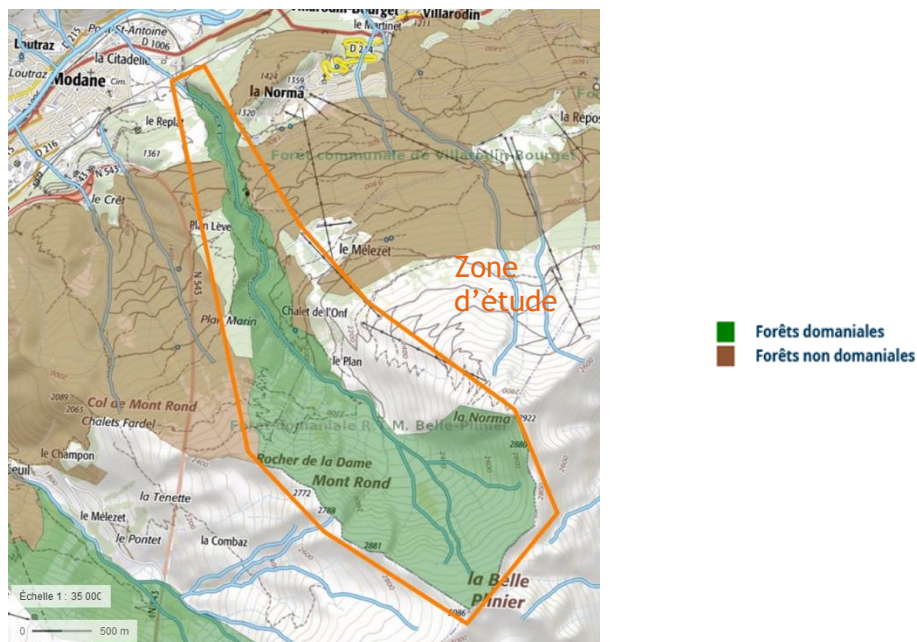


Figure 4 - Localisation de la zone d'étude sur la carte des forêts (forêt domaniale de Belle-Plinier en vert, forêt communale de Villarodin-Bourget en brun en rive droite et forêt communale de Modane en rive gauche; Source : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)).

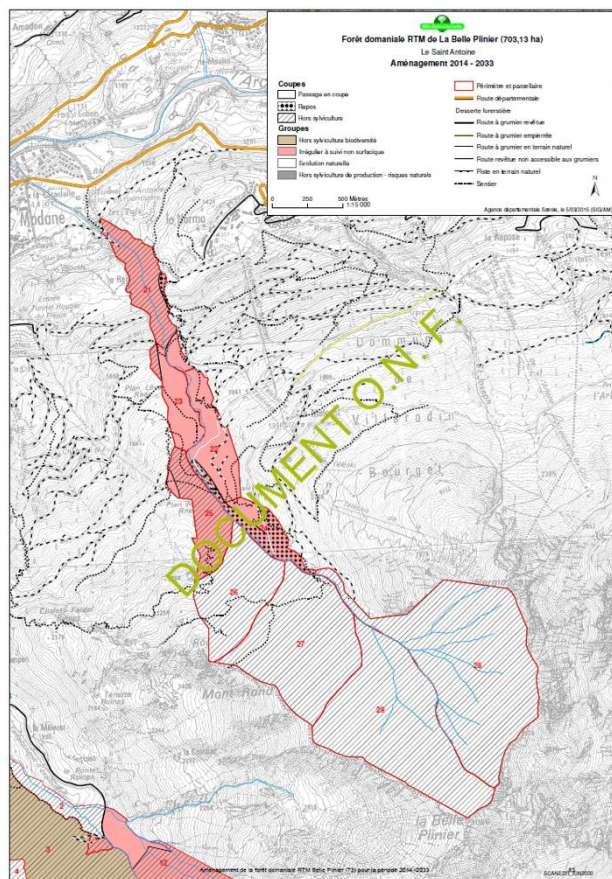


Figure 5 - Localisation des aménagements forestiers (Source : plan d'aménagement ONF)

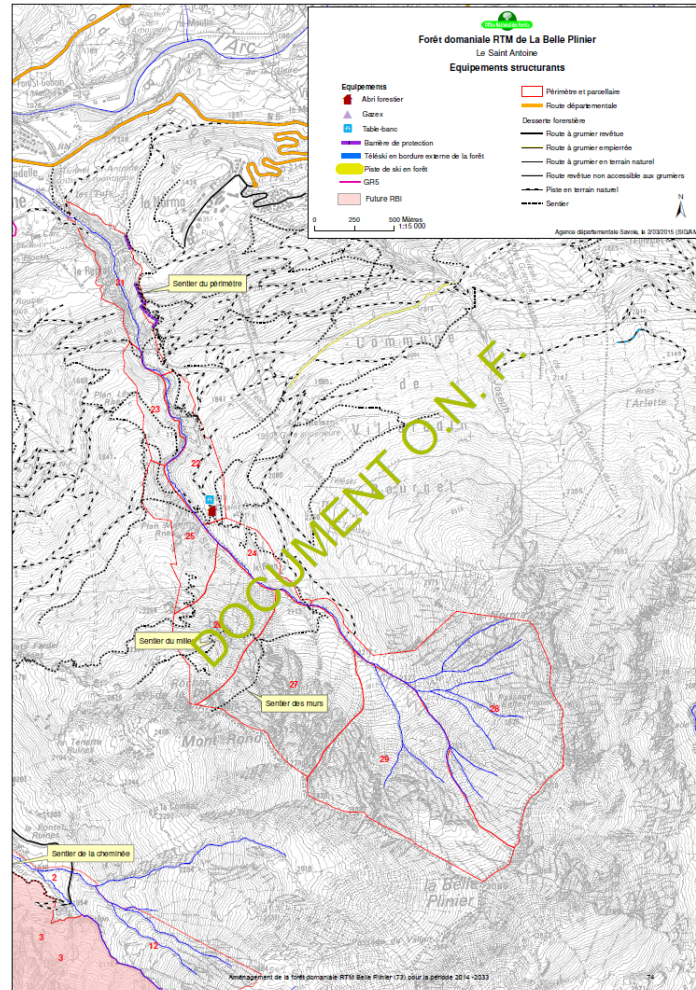


Figure 6 – Localisation des équipements structuraux (Source : plan d'aménagement ONF).

## 2.3 Contexte administratif

Suite à l'appel d'offre lancé par l'ONF, la société CCEV, a obtenu l'attribution des droits d'aménagement et d'exploitation de quatre chutes hydroélectriques de petites puissances sur 4 sites en Haute Maurienne. Le torrent du Saint-Antoine fait partie de ces sites.

Les aménagements envisagés sont principalement situés dans le domaine ONF. Des cas particuliers pourront être discutés au cas par cas.

## 2.4 Aménagements existants identifiés

Le torrent du Saint-Antoine est un des torrents les plus équipés de Savoie voire de France. Le système étudié se décompose en 18 dispositifs de protection, situés dans le périmètre domanial. Au total, ce sont 331 ouvrages, tout type d'aléas confondus, qui sont renseignés dans la base de données RTM. Il s'agit d'un dispositif de protection

torrentielle qui a fait ses preuves au cours du temps mais dont les ouvrages ont beaucoup souffert suite aux crues de 1987 et de 2014. Ceux-ci ont été mis à mal, nécessitant des réparations d'envergure, des reconstructions pour des montants avoisinants l'investissement initial. Les ouvrages situés entre les cotes 1850 et 2000 ont toujours également beaucoup souffert des avalanches. C'est un secteur qui concentre ce type de phénomènes, exerçant de fortes pressions sur les barrages.

Les dispositifs sont recensés dans la liste ci-dessous :

1. Dispositif du Ravin Principal amont
2. Dispositif du Ravin Principal aval
3. Dispositif torrentiel du ravin de la Montagne
4. Dispositif torrentiel du ravin de la Baraque
5. Dispositif torrentiel du ravin des Rocs
6. Dispositif torrentiel du ravin des Edelweiss
7. Dispositif torrentiel du ravin des Glaciers
8. Dispositif torrentiel du ravin de la Norma (X)
9. Dispositif torrentiel du ravin de la Pépinière
10. Dispositif paravalanche du ravin de Montrond
11. Dispositif paravalanche du ravin du Pluviomètre
12. Dispositif paravalanche Versant rive gauche
13. Dispositif de drainage des drains du PLAN
14. Dispositif de drainage du ravin des Rocs
15. Dispositif torrentiel du ravin X
16. Dispositif torrentiel du ravin Y
17. Dispositif torrentiel du ravin Z

Les rôles des ouvrages sont les suivants :

- Fixation du lit du torrent du Saint-Antoine, longitudinalement et latéralement ;
- Réduction du transport solide afin de limiter les effets des laves torrentielles
- Etalement des laves et stockage des matériaux



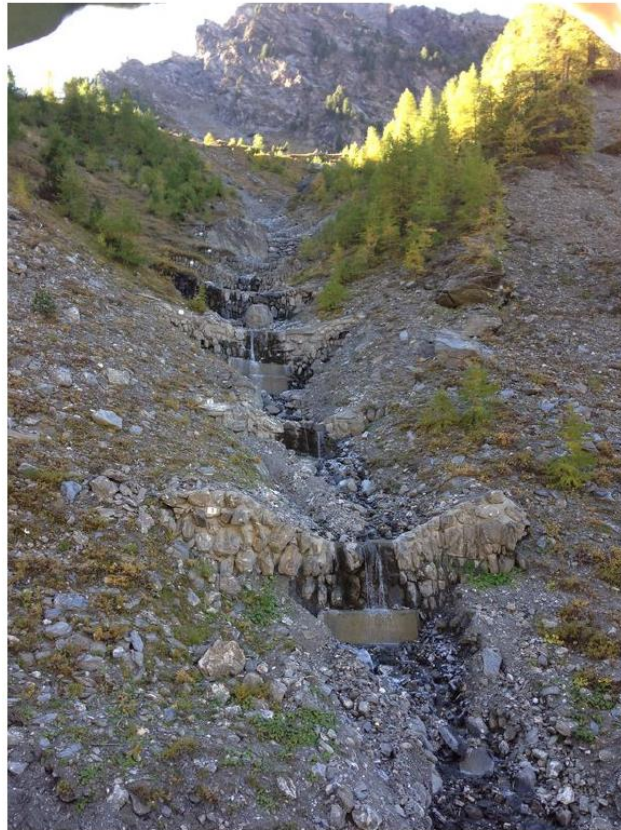


Figure 7 - Barrages poids sur le ravin de la Montagne (source : ONF-RTM (2016<sup>2</sup>)).

Certains dispositifs sont devenus obsolètes mais d'autres apparaissent encore nécessaires. En effet, sans ces dispositifs, le ravin principal aurait à subir des aléas de plus grande ampleur. Le côté obsolète des dispositifs paravalanches est lié à l'état des ouvrages et au fait que ce type de dispositif n'est plus efficace. En effet, l'efficacité est limitée en raison de la faible hauteur des murs en pierres sèches, inférieure à 1,50 m généralement et l'état de dégradation des murs est très avancé.

Quelques aménagements ou curiosités complémentaires sont également à prendre en compte (**Figure 8**) :

1. Station de ski de la Norma
2. Grotte
3. Bassin de rétention des laves torrentielles (plage de dépôt)
4. Zones de lacs (baignade l'été) de la communauté de commune Terra Modana
5. Sentier panoramique
6. Canyon
7. Zone de glissement (le plan)

<sup>2</sup> ONF-RTM (2016). Étude de bassin versant du torrent de Saint-Antoine.

## 8. Zone drainée

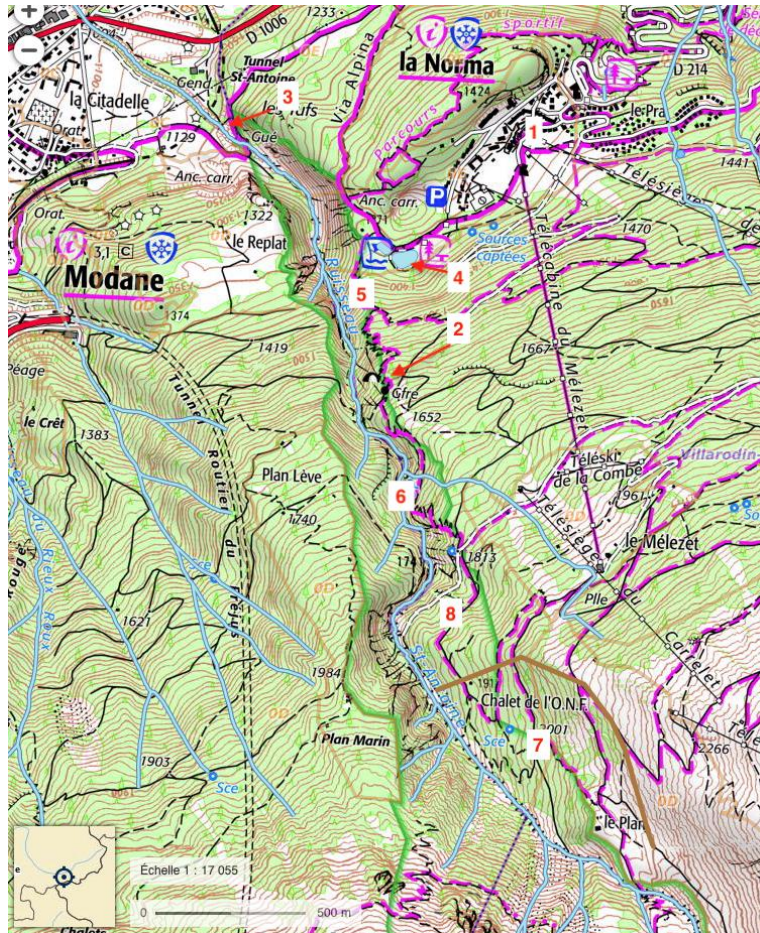


Figure 8 - Localisation des aménagements existants (Source : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)).

## 2.5 Occupation du sol

La **Figure 9** présente la carte d'occupation du sol « Corine Land cover 2018 ». Sur la zone étudiée, les types d'occupation retrouvés sont variés et présentés ci-dessous :

- Roches nues
- Pelouses et pâturages naturels
- Forêts de conifères
- Landes et broussailles
- Végétation clairsemée



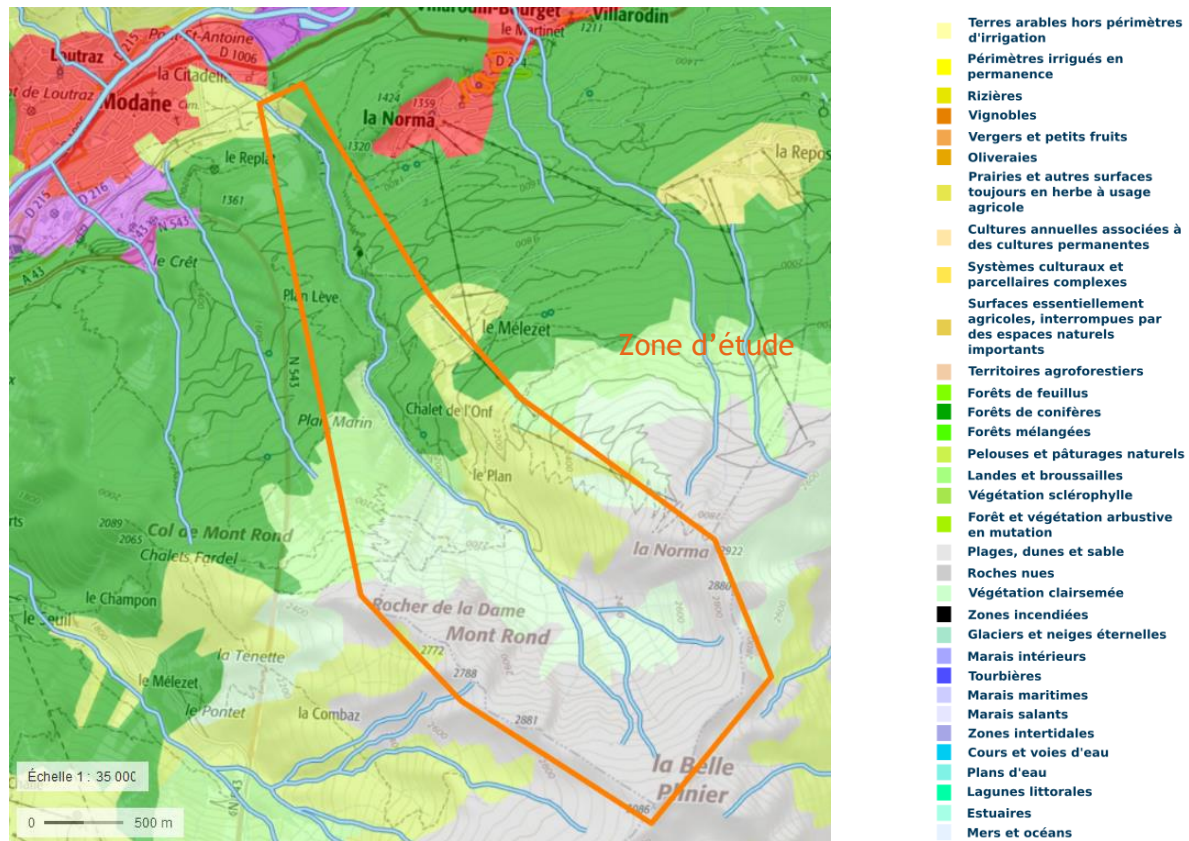


Figure 9 - Localisation de la zone d'étude sur la carte d'occupation du sol "Corine Land cover 2018" (Source : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)).

En ce qui concerne le lit mineur, celui-ci constitue un milieu minéralisé variable. La granulométrie retrouvée est également variable (i.e. : blocs > 50 cm voire de plusieurs mètres à fines < 2 mm) et a fait l'objet d'une analyse particulière lors de l'expertise environnementale.

## 2.6 Contexte réglementaire

### 2.6.1 Code de l'environnement

Un projet hydroélectrique dont la puissance est inférieure à 4500 kW doit faire l'objet d'une autorisation de la part de la préfecture de Haute Savoie. Le dossier de demande d'autorisation doit être conforme aux textes de loi et règlements tels que définis dans la version en vigueur du code de l'environnement et particulièrement aux articles L 214-1 à L 214-6 de la partie réglementaire concernant les procédures d'autorisation. Outre les rubriques concernant l'impact sur les milieux aquatiques (titre III), d'autres sont susceptibles d'être concernées, c'est pourquoi nous reprenons dans le tableau suivant les différents éléments pertinents à partir du titre Ier-prélèvements.

Les rubriques concernées par le projet sont les suivantes :



mtbe

MERYTHERM BUREAU D'ÉTUDE

id2b Consulting 

	Rubrique concernée	Caractéristiques des travaux projetés	Soumis à
TITRE Ier - PRÉLÈVEMENTS			
1.1.1.0.	Non concernée		
1.1.2.0.	Non concernée		
1.2.1.0.	(...) ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau: 1° D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (A) ; 2° D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1 000 m³/heure ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (D).	Prélèvement maximum de 0,185 m³/s, soit 666 m³/h dépassant de 5% le débit moyen du cours d'eau	Autorisation (1°)
1.1.1.0.	Non concernée		
1.1.2.0.	Non concernée		
TITRE II - REJETS			
	Sans objet		
TITRE III - IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE OU SUR LA SÉCURITÉ PUBLIQUE			
3.1.1.0.	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant : 1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ; 2° Un obstacle à la continuité écologique : a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ; b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (D).	Une prise d'eau est envisagée sur le torrent à l'altitude d'environ 1824 m NGF.	Autorisation (2a°)
3.1.2.0.	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	Une prise d'eau latérale est envisagée sur le torrent à l'altitude d'environ 1826 m NGF. La modification aura lieu sur environ 20 mètres.	Déclaration (2°)



mtbe

MERYTHERM BUREAU D'ÉTUDE

id2b Consulting 

	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D).		
3.1.3.0.	Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur : 1° Supérieure ou égale à 100 m (Autorisation) ; 2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m (Déclaration).	Possibilité de matière en suspension lors des travaux en rivière sur une longueur d'environ 20 m au droit des prises d'eau.	<b>Sans objet</b>
3.1.4.0.	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes : 1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A) ; 2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D).	Les techniques de consolidation des berges se limitent au niveau de la prise d'eau et du rejet depuis le bâtiment de la centrale (enrochement et voiles) sur environ 20 m à la prise d'eau et entre l'ouvrage et le seuil RTM aval et 10 m sur la rive à la restitution	<b>Sans objet</b>
3.1.5.0.	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet : 1° Destruction de plus de 200 m <sup>2</sup> de frayères (A) ; 2° Dans les autres cas (D).	Construction d'un prise d'eau (environ 150 m <sup>2</sup> ) en dehors de zone de frayères, de croissance ou d'alimentation.	<b>Sans objet</b>
3.2.1.0.	Entretien de cours d'eau ou de canaux (...), le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année : 1° Supérieur à 2 000 m <sup>3</sup> (A) ; 2° Inférieur ou égal à 2 000 m <sup>3</sup> dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 (A) ; 3° Inférieur ou égal à 2 000 m <sup>3</sup> dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1 (D).	Pas d'entretiens prévus dans le lit mineur	<b>Sans objet</b>
3.2.2.0.	3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	Construction d'un degreuveur dans le lit majeur d'environ	<b>Sans objet</b>



mtbe

MERYTHERM BUREAU D'ÉTUDE

id2b Consulting 

	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m2 (A) ; 2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m2 et inférieure à 10 000 m2 (D).	150m² en grande partie sous le terrain naturel	
3.2.3.0.	Plans d'eau, permanents ou non : 1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) ; 2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D).	Prise d'eau par dessous, peu de retenue envisagée et turbinage au fil de l'eau. Surface de retenue inférieure à 0,1 ha.	Sans objet
3.2.4.0.	1° Vidanges de plans d'eau issus de barrages de retenue, dont la hauteur est supérieure à 10 m ou dont le volume de la retenue est supérieur à 5 000 000 m³ (A) ; 2° Autres vidanges de plans d'eau, dont la superficie est supérieure à 0,1 ha, hors opération de chômage des voies navigables, hors piscicultures mentionnées à l'article L. 431-6, hors plans d'eau mentionnés à l'article L. 431-7 (D).	Pas de vidanges	Sans objet
3.2.5.0.	Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 (A). <sup>3</sup>	Prises d'eau de hauteur « H » <sup>4</sup> égale à 2m et « V » <sup>5</sup> inférieure à 0,05	Sans objet
3.2.6.0.	Sans objet		
3.2.7.0.			
3.3.1.0.			
3.3.2.0.			
3.3.3.0.			
3.3.4.0.			
TITRE IV - IMPACTS SUR LE MILIEU MARIN			
	Sans objet		

<sup>3</sup> Extrait de l'article R.214-112

CLASSE de l'ouvrage	CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES
A	$H \geq 20$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 1\,500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H \geq 10$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 200$
C	a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H \geq 5$ et $H^2 \times V^{0,5} \geq 20$ b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$ ; ii) $V > 0,05$ ; iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

<sup>4</sup> H = hauteur de l'ouvrage exprimée en mètres et définie comme la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel à l'aplomb de ce sommet

<sup>5</sup> V = volume retenu exprimé en millions de mètres cubes et défini comme le volume qui est retenu par le barrage à la cote de retenue normale. Dans le cas des digues de canaux, le volume considéré est celui du bief entre deux écluses ou deux ouvrages vannés

**TITRE V - RÉGIMES D'AUTORISATION VALANT AUTORISATION AU TITRE DES ARTICLES L. 214-1 ET SUIVANTS DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT**

Sans objet

Les travaux envisagés pour la construction de la centrale hydroélectrique de Saint-Antoine nécessitent bien une **Autorisation**.

### 2.6.2 Directives et SDAGE

Plusieurs directives européennes (Directive Cadre sur l'Eau/2000/60/CE ; Oiseaux 2009/147/CE ; habitats 92/43/CEE) régissent les principes fondateurs pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et de la protection de l'environnement.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Rhône Méditerranée est entré en vigueur le 20 novembre 2015 pour les années 2016 à 2021. Il fixe pour une période de 6 ans les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et intègre les obligations définies par la directive européenne sur l'eau. Le SDAGE prévoit de réduire l'impact des activités sur la morphologie et la dynamique naturelle des milieux. Pour atteindre le bon état écologique des masses d'eau, il est devenu nécessaire de prendre en compte la morphologie et la dynamique naturelle des milieux aquatiques. Ainsi, cette orientation vise à améliorer le régime des eaux à l'aval des ouvrages, à rétablir le transport solide et à concilier les enjeux énergétiques avec les enjeux environnementaux.

La loi Grenelle redéfinit les sources d'énergies renouvelables, dont la production d'électricité d'origine hydraulique fait partie, et prévoit l'élaboration de schémas régionaux traitant d'une part de la cohérence écologique et d'autre part des énergies renouvelables ; la valorisation énergétique doit être envisagée dans le respect de la qualité écologique des cours d'eau et des objectifs de la DCE. Le fonctionnement des ouvrages, notamment les installations hydroélectriques, (débits et régimes réservés, éclusées, vidanges et opérations de transparence,...), doit être adapté pour contribuer à l'atteinte du bon état écologique.»

Le SDAGE 2016 - 2021 définit neuf orientations fondamentales l'appliquant au projet.

Le présent projet répond aux orientations suivantes :

- OF 0 - s'adapter aux effets du changement climatique : En développant la part d'électricité produite par l'hydroélectricité (énergie renouvelable) dans la vallée, le projet est favorable vis-à-vis du climat et participe à l'adaptation aux changements climatiques ;
- OF 1 - privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité : suite à l'analyse des incidences environnementales du projet, la



séquence ERC sera appelée pour que les impacts résiduels négatifs ne soient pas significatifs.

- OF 2 - concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques : suite à l'analyse des incidences environnementales du projet, la séquence ERC sera appelée pour que les impacts résiduels négatifs ne soient pas significatifs.
- OF 5 - Lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé : le projet n'est pas vocation à augmenter les pollutions mais n'en engendrera cependant pas puisque des parades seront prévues en phase de chantier. La bonne qualité physico-chimique du cours d'eau sera préservée.
- OF 6 - Préserver et restaurer le fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides : les expertises et inventaires dans le cadre du montage du dossier d'autorisation environnementale permettront d'évaluer d'éventuelles incidences sur ces compartiments. Le cas échéant des mesures ERC pourront être engagées.

Les autres orientations ne sont pas impactées par le projet.

Le fonctionnement du projet d'aménagement hydroélectrique du Saint-Antoine est bien intégré en terme environnemental puisque, en se basant sur un diagnostic, des inventaires spécifiques et les recommandations des spécialistes, il proposera des mesures ERC cohérentes tout en fonctionnant au fil de l'eau. Ce second volet de l'expertise environnementale est en cours pendant l'année 2021.

Le tronçon du ruisseau de Saint-Antoine concerné par le projet hydroélectrique n'est pas classé en liste 1 ou en liste 2. Il est donc cohérent avec ce classement.

### 3. Enjeux environnementaux

Plusieurs approches sont proposées à ce stade pour traiter de ce volet :

- Approche générale sur les risques naturels propres à la zone d'études : ces risques sont ensuite intégrés dans les dimensionnements et le positionnement des ouvrages propres au projet ;
- Diagnostic environnemental général réalisé par le bureau d'études en environnement Eccel;
- Intégration des premières recommandations de cette étude dans la présentation de l'avant-projet ci-après ;
- Propositions des suites à donner à l'étude d'Eccel pour l'accompagnement dans le développement du projet.

#### 3.1 Analyses des risques naturels

##### 3.1.1 Identification des risques

L'identification des risques se base sur l'observation des problématiques *in situ* et l'expertise du service RTM de l'ONF, consignée dans le rapport réalisé en 2016 sur le bassin versant de Saint-Antoine<sup>6</sup>. Concernant les zones de passage de la conduite forcée, une analyse géotechnique spécifique (de type G1) a également été menée et sera poursuivie lors du développement du projet.

Les communes de Modane et Villarodin-Bourget font l'objet d'un site « Avalanches du Saint-Antoine » concerné par la CLPA (Carte de Localisation des Phénomènes d'Avalanche) et l'EPA (Enquête Permanente sur les Avalanches). La **Figure 10** identifie les zones présentant un risque d'avalanches. Dans le haut du bassin versant, l'aléa avalanche est connu pour son activité intense. Cependant, au vu de la localisation des sites, les avalanches ne constituent pas une menace directe pour les habitations. Par contre, les avalanches posent problème pour les ouvrages de protection torrentielle et la stabilité des versants du Saint-Antoine. Des exemples témoignent du caractère aggravant qu'elles peuvent avoir sur la production ou le remaniement de matériaux et donc l'aléa torrentiel. Le versant du Montrond est très érodé dans sa partie corrigée du fait des fortes pentes, de l'intensité de l'érosion et de la minéralité du site. La végétation ne peut s'installer. Lors des crues, les eaux du ravin de la Montagne tendent à basculer en partie dans le ravin de Montrond au droit du barrage BA35. Ces eaux sont à l'origine des ravines surcreusées qui mettent à nu de gros blocs de plusieurs dizaines à centaines de mètres

---

<sup>6</sup> ONF-RTM (2016). Étude de bassin versant du torrent de Saint-Antoine.

cubes, dans les parties basse et médiane du ravin. Sa dégradation par érosion régressive est très marquée et s'accroît très nettement d'année en année.

Le bassin versant du Saint-Antoine avait été équipé de trois dispositifs de protection contre les avalanches : les paravalanches de Montrond, le ravin du Pluviomètre et le versant rive gauche. Ces dispositifs sont aujourd'hui considérés comme obsolètes.

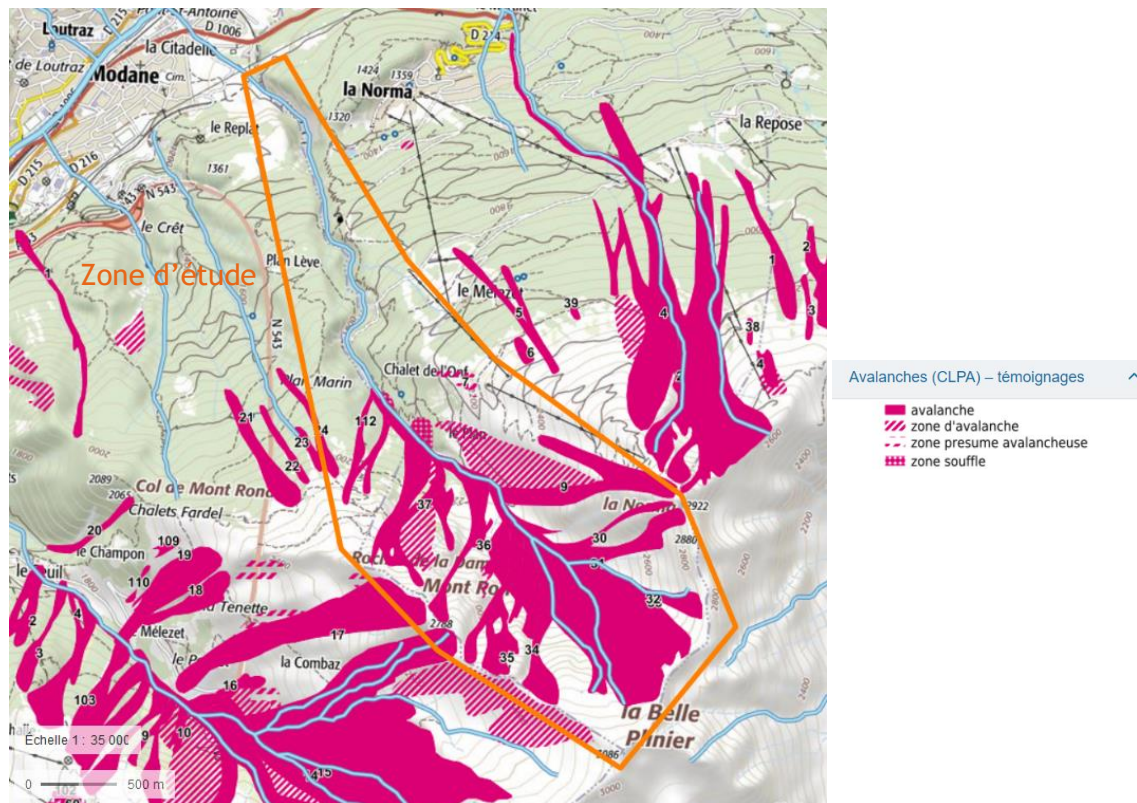


Figure 10 - Localisation de la zone étudiée sur la carte des risques d'avalanches

La **Figure 11** est une carte de localisation probable des risques naturels dite « carte Robert Marie » (1985) recensée à l'échelle du 1:25000, les différents aléas auxquels sont soumis les bassins versants. Elle donne également des niveaux d'activité pour ceux-ci.

Outre les crues torrentielles, le bassin versant du Saint-Antoine est soumis aux aléas glissements de terrain et chutes de blocs.



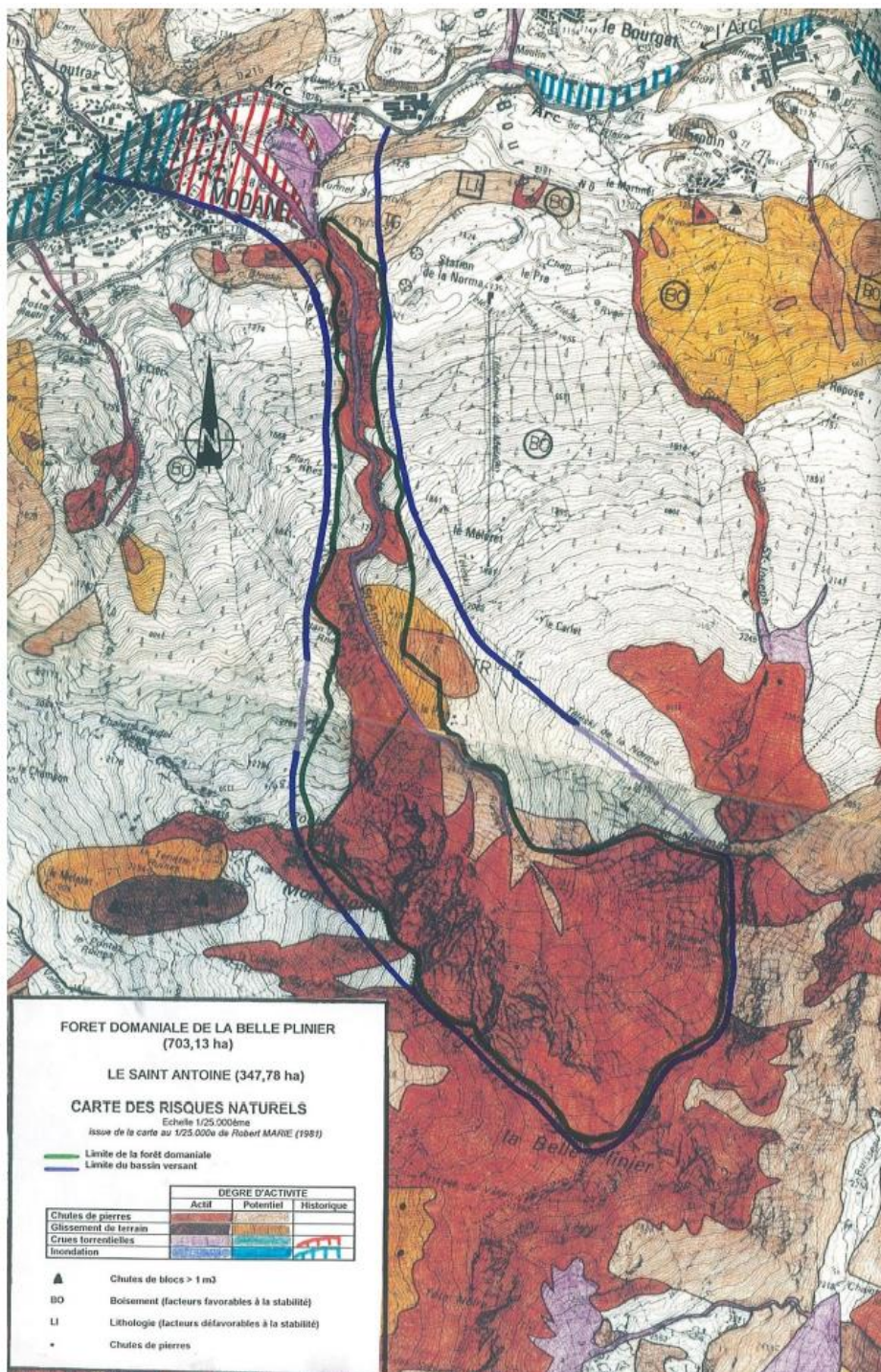


Figure 11 - Localisation des risques sur le bassin versant du Saint-Antoine (Carte Robert Marie, 1985)

La lave torrentielle de 2014 et les dégâts causés par les avalanches au printemps 2016 sur les ouvrages RTM relancent les réflexions sur la gestion du bassin versant. S'appuyant sur les précédentes études et les retours d'expériences sur ce torrent, la stratégie de gestion



et d'aménagement du bassin versant du Saint-Antoine a été analysée et mise à jour par le RTM.

La Problématique des laves torrentielles, très connues sur ce bassin versant est un enjeu particulièrement important non négligeable.

Afin de réduire le risque torrentiel sur le cône de déjection, le système de protection de la série RTM doit être en mesure de satisfaire les objectifs suivants :

- Minimiser les apports solides dans le haut du bassin versant ou en provenance des berges et du lit du Saint-Antoine.
- Réduire les risques de débordement sur le cône, en limitant notamment le transport des gros blocs.

### 3.1.2 Plans de prévention des risques naturels

La commune de Modane possède un plan de prévention des risques naturels approuvé le 24 février 2012. Le zonage réglementaire est disponible à la **Figure 12** qui localise le secteur du projet au regard du zonage réglementaire du PPRN de la commune.

La note de présentation, les documents graphiques et le règlement sont disponibles sur l'Observatoire des Territoires de la Savoie.

La commune se situe en zone de sismicité classée zone 3 (modérée).

Le secteur concerné par les aménagements sur le ruisseau du torrent de Saint-Antoine n'est pas entièrement intégré au zonage des PPRN. Seul le cône de déjection est intégré aux limites du périmètre réglementé par le PPRN de la commune de Modane.

Le PPRN classe ce secteur traversé par la conduite forcée en zone C (coulées boueuses issues de glissements, de laves torrentielles, ou de ravinements).

Bien que le secteur des aménagements ne soit pas intégré au périmètre du PPRN, il reste possible, au regard des caractéristiques morphologiques et paysagères du site, de préciser les risques naturels potentiels présents sur l'ensemble du site. Les risques laves torrentielles, coulées de boue et glissements de terrain sont en effet particulièrement présents sur l'ensemble du site.

D'après le PPRN (plan n°2), tous les terrains classés en zone N ou Ni sont non constructibles pour des bâtiments ordinaires, étant entendu que cela ne s'applique pas au bâtiment de la centrale dont l'autorisation relève de la Préfecture en vertu des articles L 421-1 et R 422-2 du Code de l'Urbanisme, dès lors que les travaux portent sur l'édification d'ouvrages de production et de transport d'énergie. Le bâtiment de la centrale est situé à la limite de la zone N.

Dans ce cas, il est mentionné à l'article 2.7 que « sur l'ensemble des zones inconstructibles au titre des risques naturels, y compris les zones classées N et Ni, peuvent toutefois être autorisés, sous réserve de ne pas aggraver les risques et de ne pas en provoquer de nouveaux, et sous réserve que le projet ne soit pas en zone exposée à des phénomènes soudains sans signe avant-coureur évident (chutes de blocs, coulées boueuses issues de glissements de terrain) :

a) les infrastructures et équipements nécessaires au fonctionnement des services d'intérêt général (réservoir d'eau, station d'épuration, déchetterie, centrale électrique...)

b) les infrastructures et équipements nécessaires aux activités agricoles, forestières, culturelles, touristiques, sportives et de loisirs (stades, aire de jeux, ...).

Dans les deux cas, le maître d'ouvrage devra fournir une étude attestant :

- qu'il n'y a pas d'alternative en zone moins exposée aux risques d'origine naturelle ;
- que le projet ne comporte aucun nouveau bâtiment dans le cas des infrastructures et équipements ;
- que le projet ne comporte aucun nouveau local destiné à l'habitation dans le cas des infrastructures ;
- que sont clairement définis son mode d'exploitation ainsi que les modalités de mise en sécurité des occupants et/ou des usagers en cas de survenance d'accidents d'origine naturelle ;
- que leur vulnérabilité aux risques naturels a été réduite ;
- que ces infrastructures et équipements ne risquent pas de polluer l'environnement en cas de survenance d'accidents d'origine naturelle.

Le cas de la centrale du Saint-Antoine intègre bien les conditions mentionnées au point a (centrale électrique) et devrait donc être autorisée moyennant la confirmation des éléments demandés ci-dessus.

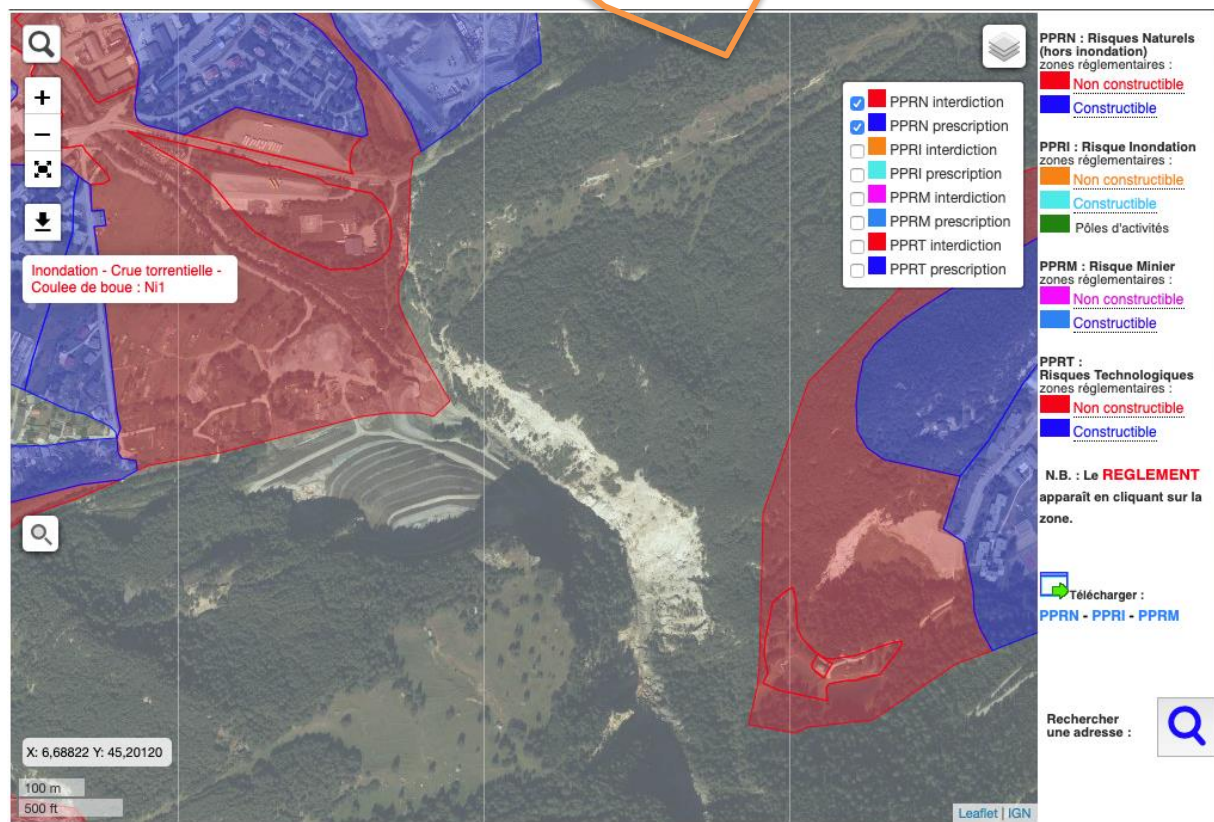
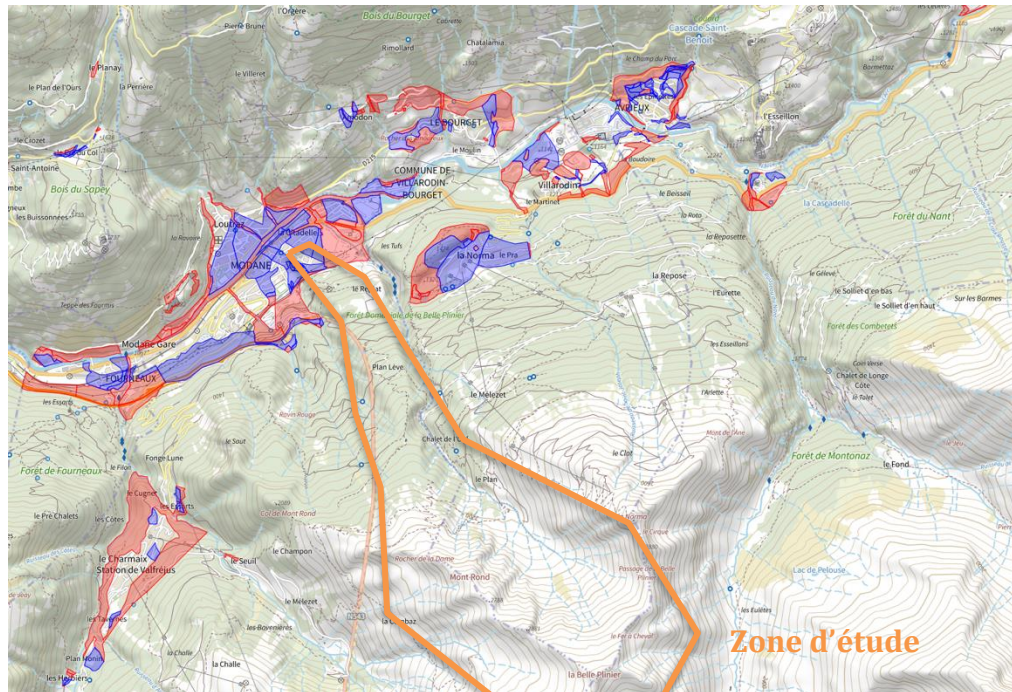


Figure 12 –Zonage réglementaire du PPRN de Modane (source : <http://www.observatoire.savoie.equipement-agriculture.gouv.fr/Communes/carteppr.php>) – projet dans les ellipses noires







- D'analyser le contexte réglementaire et les zonages environnementaux concernés par le projet ;
- De décrire le milieu naturel de la zone d'étude et d'effectuer une première approche de terrain ;
- D'analyser son milieu humain et les risques associés ;
- De hiérarchiser les enjeux identifiés afin de les intégrer dans le développement du projet dès le début et d'en évaluer les réponses et les mesures nécessaires ;
- D'analyser la compatibilité du projet avec ces enjeux environnementaux.

Le dossier réalisé présente, de manière synthétique, une première caractérisation des enjeux, des impacts pressentis et les mesures que l'on peut envisager pour les maîtriser.

Ce diagnostic environnemental, socle de justification du choix du site, s'appuie sur quelques points importants mentionnés ici :

- La prise en compte des caractéristiques techniques du projet et de son insertion dans son contexte environnemental ;
- Les données relatives aux espaces remarquables/réglementaires localisés dans et à proximité de la zone d'étude. Elles permettent notamment de mettre en exergue certaines zones susceptibles d'accueillir des espèces protégées et/ou patrimoniales ;
- Les données existantes sur les espèces protégées et les habitats d'intérêt communautaire. Elles permettent de mieux cibler les enjeux et les risques potentiellement présents sur le patrimoine naturel ;
- Une contextualisation du fonctionnement hydromorphologique du torrent de Saint-Antoine. A travers elle, on peut ainsi anticiper les modifications que pourraient engendrer le projet et les mesures à mettre en place pour les maîtriser ;
- La prise en compte dans l'expertise globale de la qualité des milieux telle qu'elle est connue à ce jour au sein du périmètre. En respect des obligations liées à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), les aménagements proposés sont établis pour ne jamais détériorer cette qualité ;
- Les informations tirées de l'expertise de terrain afin de valider in situ les enjeux aquatiques, terrestres, physiques et humains présents sur le périmètre du projet.

De l'ensemble de ces points découle une description des zonages environnementaux présents, une évaluation de l'état initial du site et de son environnement, ainsi qu'une évaluation de la pertinence des mesures envisagées pour éviter, diminuer ou compenser les impacts.

---

Ce chapitre se base sur notre expertise et le rapport sur le diagnostic environnemental qui a été demandé à Eccel environnement que nous remercions pour leur collaboration.

Les données de connaissance qui devront faire l'objet de compléments au moment de l'instruction IOTA sont également avancées.

Un tableau de synthèse est associé à ce diagnostic préliminaire qui analyse la comparabilité du projet avec les enjeux environnementaux.

La justification se fait au regard de la compatibilité du projet avec le milieu vis-à-vis des points présentés ci-dessus.

Le potentiel écologique global de ce secteur montagnard, en termes de milieux et d'espèces, sans être à ce jour précisément identifié, peut être considéré comme potentiellement modéré à fort. Le projet s'insère en effet dans des zonages patrimoniaux, à l'image de ZNIEFF de type 1, de ZICO, de SRCE et du PNA Chiroptères.

Tableau 1 : Synthèse sur les zonages environnementaux (source : Eccel, 2020)

Zonage	Enjeu environnemental	Impact du projet et mesures mises en place
<b>Réserves et Parc Naturels</b>	Zone cœur du Parc national de la Vanoise localisée à plus de 2 km du projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>Natura 2000</b>	Aucun site à moins de 2 km du projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>APPB</b>	Aucun site à moins de 10 km du projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>CEN</b>	Aucun site à moins de 2 km du projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>RB (ONF)</b>	Aucun site à moins de 2 km du projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>ZNIEFF</b>	Intégré à une ZNIEFF de type 1 A proximité immédiate d'une autre ZNIEFF de type 1 (0,6 km) et d'une ZNIEFF de type 2 (0,3 km)	Zonage concerné relativement vaste et intérêts non localisés. Les inventaires complémentaires réalisés dans le cadre de l'Autorisation permettront d'identifier plus précisément ces enjeux.
<b>ZICO</b>	Intégré à une ZICO	Zonage concerné relativement vaste et intérêts non localisés. Les inventaires complémentaires réalisés dans le cadre de l'Autorisation permettront d'identifier plus précisément ces enjeux.
<b>PNA</b>	Intégré au PNA Chiroptères (21 espèces citées)	Impact à définir Les inventaires complémentaires réalisés dans le cadre de l'Autorisation permettront d'identifier plus précisément ces enjeux.
<b>Classement L.214-17</b>	Non classé en Liste 1 ou en Liste 2	Le projet n'aura aucun effet sur ce zonage.
<b>SDAGE</b>	Aucun SDAGE validé ne concerne le projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce type de document de gestion, sous réserve d'une mise en place à venir.
<b>SAGE</b>	Aucun SAGE validé ne concerne le projet	Le projet n'aura aucun effet sur ce type de document de gestion, sous réserve d'une mise en place à venir.

<b>SRCE</b>	Intégré à un réservoir de biodiversité	Le projet ne créera pas d'obstacle impactant fortement la continuité sédimentaire et la circulation piscicole dans un contexte naturellement fragmenté. Projet intégré en partie au sein d'un réservoir de biodiversité ; néanmoins, il n'impactera que peu ce réservoir de biodiversité et est donc compatible avec les objectifs du SRCE Rhône-Alpes.
<b>Zones Humides</b>	Aucune zone humide prélocalisées dans l'emprise du projet d'après le CEN Savoie	Impact sur les zones humides a complété suite aux expertises dans le cadre du dossier d'Autorisation Environnementale

Les espèces et habitats susceptibles de se retrouver au niveau du périmètre du projet ont été recherchés dans la bibliographie par le bureau d'études en environnement. Ont été ajoutées les données issues des recherches et prospections de terrain ayant été réalisées en septembre 2020 dans le cadre du diagnostic de préféabilité.

Les prises de contact détaillées avec les acteurs locaux, les inventaires réalisés en phase d'étude d'impact IOTA et les expertises liées permettront de préciser l'état initial du site et de définir ainsi plus précisément la réalisation et le fonctionnement de l'aménagement.

L'aire d'étude envisagée se borne au tronçon du torrent depuis la prise d'eau jusqu'à la restitution, en considérant une aire large autour des aménagements.

Les points suivants sont ensuite abordés dans l'analyse des milieux naturels :

- L'hydromorphologie (dont la caractérisation granulométrique et sédimentaire) et les habitats aquatiques ;
- Les données relatives aux habitats et à la flore ;
- Les données relatives à la faune.

Le **Tableau 2** propose une synthèse des résultats de ce diagnostic.

*Tableau 2 : Enjeux identifiés (source : Eccel, 2020)*

Compartiment	Paramètre	Résultats
<b>HYDROMORPHOLOGIE ET HABITATS AQUATIQUES</b>	Morphologie	3 tronçons relativement homogènes identifiés (fractions granulométriques et faciès)
	Continuité écologique	Continuité piscicole est naturellement peu fonctionnelle. Sur la partie aval les hauteurs d'eau relevées sont relativement faibles. Celles-ci ne permettent pas une circulation des poissons. Outre, le tronçon médian qui constitue un infranchissable naturelle, plusieurs seuils RTM réduisent considérablement les possibilités de montaison. Enjeu très faible.
	Habitats piscicoles	Sur l'ensemble du futur tronçon court-circuité, les habitats piscicoles sont peu nombreux et peu diversifiés. La portion médiane, de canyon, peut être considéré comme apiscicole. Sur la partie aval, les faibles hauteurs d'eau limitent considérablement les potentialités d'habitats.
<b>HABITATS ET FLORE</b>	Habitats EUNIS	Formations riveraines arborées et arbustives monospécifiques ou mixtes, forêts de conifères, lit de rivière et bancs d'alluvions grossiers, pelouses calcicoles, zones rudérales
	Espèces remarquables de la flore potentiellement présentes	L'OBS recense 882 espèces floristiques sur la commune de Modane et 702 sur la commune de Villarodin-Bourget, dont 26 espèces protégées sur chacune des deux communes. Au cours

FAUNE		<p>des cinq dernières années, 16 espèces protégées ont été identifiées sur ces communes sans plus de précision quant à leur localisation précise :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ancolie des Alpes (<i>Aquilegia alpina</i>) ;</li> <li>- Fétuque du Valais (<i>Festuca valesiaca</i>) ;</li> <li>- Gagée de Bohême (<i>Gagea bohemica</i>) ;</li> <li>- Gagée jaune (<i>Gagea lutea</i>) ;</li> <li>- Phélypée des sables (<i>Phelipanche arenaria</i>) ;</li> <li>- Sainfoin de Boutigny (<i>Hydysarum boutignyanum</i>) ;</li> <li>- Androsace alpine (<i>Androsace alpina</i>) ;</li> <li>- Saxifrage fausse-mousse (<i>Saxifraga muscoides</i>) ;</li> <li>- Swertie pérenne (<i>Swertia perennis</i>) ;</li> <li>- Valériane des débris (<i>Valeriana salianca</i>) ;</li> <li>- Silène de Suède (<i>Viscaria alpina</i>) ;</li> <li>- Gentiane à calice renflé (<i>Gentiana utriculosa</i>) ;</li> <li>- Trèfle des rochers (<i>Trifolium saxatile</i>) ;</li> <li>- Bardanette courbée (<i>Hackelia deflexa</i>) ;</li> <li>- Laïche bicolore (<i>Carex bicolor</i>) ;</li> <li>- Laïche de Lachenal (<i>Carex lachenalii</i>).</li> </ul> <p>Ces espèces n'ont pas été contactées lors de la visite sur site réalisée en septembre 2020. La période n'était pas propice pour identifier ces espèces.</p>
	Zone humide	Aucune zone humide n'est référencée à proximité des aménagements. Aucun « patch » n'est signalé sur l'emprise stricte des aménagements
	Oiseaux	A la suite de la visite sur site afin de caractériser les enjeux environnementaux potentiels du site, seuls des espèces forestières relativement communes (Bergeronnette des ruisseaux, Bergeronnette grise, Rougequeue noir...) ont été observées. La conduite forcée traversera certains milieux qui peuvent potentiellement présenter un intérêt pour ces espèces. Ces enjeux seront précisés lors des études complémentaires.
	Ichtyofaune	Il convient à nouveau de préciser la fragmentation longitudinale naturelle importante, qui réduit considérablement et naturellement la continuité piscicole, a minima à la montaison. Lors des échanges avec les AAPPMA « La Gaule Mauriennaise » et « Aussois Norma Pêche », aucune action d'alevinage n'a été réalisée dans le torrent. L'enjeu piscicole sur ce torrent apparaît très faible.
	Herpétofaune	Sur site, seul le Lézard des murailles a été observé sur site. Il faut néanmoins rappeler que la visite sur site en septembre 2020 a été réalisée hors période favorable pour l'observation et l'inventaire de l'herpétofaune. Du fait des quelques « patches » potentiels de zones humides, présentés plus haut, l'enjeu sur site, notamment au droit de l'usine hydroélectrique, relatif aux amphibiens est relativement modéré. Les habitats présents sur site, notamment les nombreuses lisières boisées et zones rocailleuses, sont favorables aux reptiles. L'enjeu sur site relatif aux reptiles est également relativement modéré. Ces derniers seront néanmoins précisés lors des études complémentaires.
	Mammifères	<p>Parmi les espèces patrimoniales citées dans le tableau ci-dessus, seul l'Ecureuil roux a été recensé lors de la visite sur site en septembre 2020.</p> <p>A noter toutefois les potentialités de présence du Campagnol des neiges, du Cerf élaphe, du Hérisson d'Europe ou encore du Lièvre d'Europe et du Lièvre variable, espèces à haute valeur patrimoniale.</p> <p>Le manque d'informations relatif à la bibliographie des chauves-souris tient ici davantage à un défaut d'inventaire qu'à une absence d'espèces sur site. En effet, la bibliographie intègre seulement sept espèces de chauves-souris, sur un potentiel bien plus important au regard des habitats naturels et corridors écologiques présents sur le secteur des aménagements. Hormis le ruisseau du Saint-Antoine, de nombreux corridors</p>



		écologiques, ici boisés, ont été identifiés de part et d'autre du cours d'eau. Ces derniers sont fortement favorables aux chiroptères. Néanmoins, les chauves-souris potentiellement présentes au sein du secteur d'étude sont susceptibles d'utiliser davantage le site dans leurs transits et leurs sites de chasse que lors de leurs phases d'estivage et/ou d'hivernage. Certains éléments favorables à l'établissement, même ponctuel, des chauves-souris ont toutefois été observés au sein des formations boisées du secteur d'étude (cavités arboricoles, trous de pics, écorces décollées, vieux lierre...).
	Invertébrés	De par les conditions climatiques présentes lors de la visite sur site en septembre 2020 (températures proches de 0°C, neige et faible ensoleillement), aucune espèce d'invertébrés n'a pu être observée. L'enjeu sur site relatif aux lépidoptères est néanmoins relativement faible, notamment du fait de la grande surface de milieux fermés concernée par les aménagements. Certains invertébrés patrimoniaux sont susceptibles d'être présents dans le secteur d'étude mais davantage dans les milieux ouverts ou semi-ouverts (berges entretenues du ruisseau de Saint-Antoine, secteur de l'usine hydroélectrique...). L'enjeu relatif aux coléoptères est modéré. En effet, de nombreuses chandelles et arbres morts couchés ont été observés en berges du cours d'eau et dans les milieux forestiers du site d'étude. Ces enjeux seront néanmoins précisés lors des études complémentaires.

Une étude complémentaire d'inventaires spécifiques est en cours de réalisation préalablement au dossier d'Autorisation Environnementale à introduire.

### 3.4 Milieux humains

#### 3.4.1 Usages

Le projet est situé au sud-est du bourg de Modane. La station de ski de la Norma (commune de Villarodin-Bourget) est localisée en rive droite du torrent du Saint-Antoine. Aucune activité, hormis la randonnée, n'est à signaler sur le secteur concerné par les aménagements. Ces derniers sont tous intégrés dans le zonage ONF de la Forêt domaniale de la Belle-Plinier, à l'exception de l'usine hydroélectrique et de la partie terminale et médiane de la conduite forcée. A noter qu'aucune piste de ski n'est signalée dans le secteur du projet.

#### 3.4.2 Sites culturels patrimoniaux

Un site inscrit est localisé à proximité du projet. Il s'agit des Montagnes de Chavière et Lac Blanc, situé à 7,6 km au nord.

Un site classé est localisé à proximité du projet. Il s'agit du Mont Thabor, situé à 5,9 km au sud.

#### 3.4.3 Risques

Ce compartiment a été étudié au **chapitre 3.1.1**.

### 3.5 Hiérarchisation des enjeux environnementaux et mesures envisagées

Sur cette base, plusieurs enjeux environnementaux sont mis en exergue et feront l'objet d'une attention particulière dans les phases suivantes de développement du projet.

Elles sont reprises dans le **Tableau 3** qui permettra de proposer à l'Autorité Environnemental l'approche la plus efficiente pour le suivi et l'analyse des enjeux environnementaux et des mesures ERC à définir. Ces derniers ont été hiérarchisés d'après le guide « Vers la centrale hydroélectrique du XXI<sup>e</sup> siècle » (ADEME et France Hydroélectricité 2011) selon le degré d'importance (échelle de 1 à 3, 3 étant considéré comme un enjeu fort).

Tableau 3 : Hiérarchisation des enjeux environnementaux identifiés sur la zone d'étude (source : Eccel, 2020)

Compartiment		Protection réglementaire & patrimoniale	Hiérarchisation
Espaces remarquables Espèces et habitats	Cours d'eau	Inclus au PNA Chiroptères, à une ZICO et à deux ZNIEFF de type 1 et deux ZNIEFF de type 2	1
	Zones humides		1
	Milieux terrestres		2
Continuité écologique	Montaison biologique	SDAGE	1
	Dévalaison biologique		1
	Flux solides		3
Qualité des eaux	Etat		2
	Physico-chimie		1
	Flore aquatique		1
	Faune aquatique		1
Hydromorphologie	Régime hydrologique		1
	Ennoiment		1
	Tronçon court-circuité		1
Sécurité & Usages	Abords (accès...)		3
	Prélèvements (régime)		2
	Rejets		1
	Loisirs		1
	Bruit		2
	Paysage		2
	Patrimoine		1
	Economie locale		3

## 4. Présentation du projet hydroélectrique du Saint-Antoine

### 4.1 Localisation des aménagements envisagés

#### 4.1.1 Généralités

Sur base d'une première étude de faisabilité, plusieurs scénarios ont été envisagés. Nous présentons dans les lignes qui suivent le scénario choisi. Il se veut être, dans l'état actuel de développement du projet, le scénario optimum.

Les critères et contraintes suivantes ont été pris en compte :

- Contexte général local ;
- Recherche d'un optimum de production électrique en tenant compte de la superficie du bassin versant drainé et de la hauteur de chute ;
- Présence d'aménagements existants ou d'usages légaux ou de fait ;
- Maîtrise foncière (i.e. : cadastre, zone ONF, zone communale, zone privée, etc.) ;
- Risques et dangers inhérents à la zone d'étude ;
- Enjeux environnementaux existant (diagnostic) et incidences du projet sur l'environnement ;
- Accessibilité en phase travaux et d'exploitation ;
- Facilité de mise en œuvre et d'exploitation.

La **Figure 14** présente les localisations proposées pour la prise d'eau et la centrale et le cheminement de la conduite.

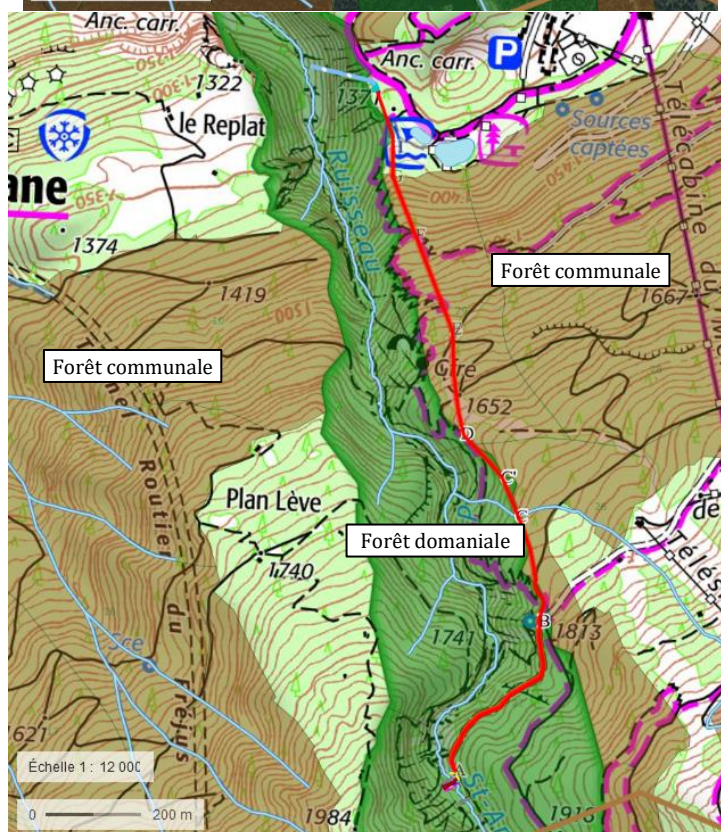
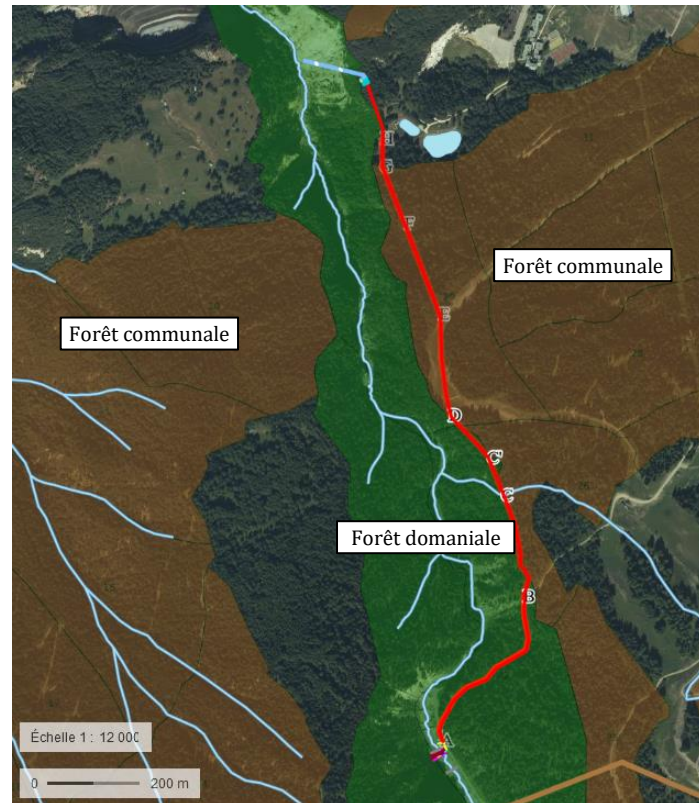


Figure 14 - Localisation de la prise d'eau, la conduite forcée et la centrale.



#### 4.1.2 Prises d'eau et dégraveur

Le site choisi se situe un peu au-dessus des 1800 m d'altitude un peu en aval de la zone du plan, dans le secteur de seuils RTM juste en amont du canyon.

Son accès se fait depuis la station de La Norma ou directement depuis la vallée par une piste forestière.

L'hiver, le secteur est difficilement accessible et l'accès n'est pas déneigé.

L'emplacement de la prise d'eau se situe entre les seuils RTM n° 11 et 12 et ne repose pas sur ces ouvrages. L'ouvrage est indépendant de ces seuils et situé à une distance de +/- 9m en amont du n°11 et 35 m en aval du n°12.

Cette zone est la plus appropriée car elle évite la zone de glissement plus en amont et les gorges quelques dizaines de mètres en aval. Elle reste néanmoins exposée aux avalanches (quoique moins intense qu'en amont du bassin versant) et aux laves torrentielles.

La prise d'eau est implantée à l'altitude **1824 m NGF**.

Le choix de son positionnement se justifie par les considérations suivantes :

- Maximisation de la pente en regard du bassin versant drainé ;
- Facilité de départ de la conduite forcée sous le chemin carrossable en regard de la topographie du site ;
- Protection relative des couloirs avalancheux (même si la prise d'eau et le déversoir sont dans des couloirs potentiels, le risque est minimisé car les avalanches s'arrêtent plutôt quelques centaines de mètres en amont – source : document RTM + geoportail) ;
- Indépendance par rapport aux seuils RTM existants ;
- Accès par un chemin carrossable jusqu'à la prise d'eau ;
- Terrassements limités pour réaliser les ouvrages ;
- Emprises suffisantes pour implanter les ouvrages sur le site ;
- Aval de la zone d'effondrement actif du PLAN ;
- Respect des limites de la forêt Domaniale ONF ;

Le fil d'eau d'exploitation considéré à la prise d'eau est de 1825.80 m. La cote maximale des déversoirs est de 1826 m. Le choix de ces cotes est directement lié aux niveaux du seuil RTM 11 aval afin de minimiser l'incidence du seuil de la centrale sur le fil d'eau. Elles respectent en outre la pente moyenne actuelle du cours d'eau entre l'ouvrage 11 et 12 (qui se comblent au fil des crues et des sédiments charriés). L'objectif principal de ce positionnement est d'éviter une augmentation du risque ou des phénomènes critiques (crues, laves torrentielles, avalanches) lors de la mise en œuvre du projet par la rapport à la situation existante.

Un relevé topographique complet devra être réalisé entre les versant et l'amont du seuil RTM 12 et l'aval du seuil RTM 11 pour préciser les cotes finales des ouvrages.

Deux types de prise d'eau sont envisagés :

- Une prise d'eau par dessous (V1) qui est protégée par un seuil de guidage pour les charge lourde (seuil déversant vers la prise d'eau en rive droite) et une large grille inclinée dans le déversoir ;
- Une prise d'eau latérale (V2) protégée tout d'abord par une large pré-grille droite puis une grille inclinée.

La piste doit être remaniée au droit du dégraveur afin de faciliter son contournement pour maintenir l'accès aux ouvrages RTM en amont. Le versant de colline en rive droite devra être stabilisé à cet endroit.

La prise d'eau devra être implantée à partir d'un petit ouvrage de retenue. Cette configuration nous semble la plus restrictive en terme de sécurité des ouvrages et de leur exploitation dans cette zone soumise aux laves torrentielles.

Le seuil principal est de faible hauteur afin de garantir une transparence relative (2 m de haut) en cas d'aléas avalancheux ou de laves torrentielles.

Un accès vers la zone amont est également maintenu pour les entretiens éventuels des seuils RTM.

Le seuil RTM amont ne sera pas impacté par la remontée de la ligne d'eau.

Aucun défrichement ne sera nécessaire pour l'implantation de la prise d'eau et du dégraveur. La piste d'accès actuelle (utilisée par l'ONF pour entretenir les seuils) sera légèrement détournée au droit du dégraveur afin de ne pas passer par-dessus (des véhicules lourds doivent pouvoir passer).

Les ouvrages seront majoritairement enfouis sous le terrain naturel afin d'être le plus transparent possible aux événements naturels qui caractérisent la zone.

Le tracé de la conduite part ensuite du **point A** en rive droite ou elle restera en grande partie dans le domaine ONF et enterrée.

En hiver, le site est uniquement accessible par motoneige ou ski de randonnée après avoir éventuellement emprunté la télécabine du Mélezet partant de la station de ski de La Norma.

Dans ce secteur, les terrains sont constitués par des alluvions du torrent dont la granulométrie semble être étalée (pourcentage de fines important). Ces matériaux ont comblé les barrages.

Notons que la hauteur du barrage aval reste importante est voisine de 7m.

Plusieurs phénomènes sont présents dans ce secteur et doivent être pris en compte dans le développement du projet :

- Le site est soumis à des risques de chutes de pierres et de blocs (jugés moyens) depuis les falaises de cargneules implantées en rive gauche du torrent.
- Crues très importantes (avec des laves torrentielles)

- Avalanches (bien que les phénomènes les plus importants soient repérés plutôt en amont de la zone d'étude ;
- Glissement de terrain (actif) du Grand Plan en rive droite du torrent dans les parties les plus hautes des versants

Le dimensionnement proposé suit le principe de ne pas augmenter les phénomènes en cas de crue ou de lave torrentielle.

Son fonctionnement est envisagé de la manière suivante :

- Phénomènes réguliers (annuels): La retenue se comblera et une intervention régulière sera nécessaire pour assurer la fonctionnalité de la prise d'eau. Une protection de la prise d'eau est prévue pour orienter les « petits » phénomènes de transport sédimentaire vers l'aval sans provoquer un comblement trop rapide de la prise d'eau (déflecteur et seuil de guidage) Lorsque le batardeau est retiré, la charge sédimentaire est orientée vers la passe centrale ;
- Phénomènes d'occurrences moyennes (10 ans) : en cas d'évènements plus important, le batardeau fusible cassera (si le site est en exploitation, hors période hivernale) pour laisser passer la crue tout en limitant les dégâts causés sur les ouvrages ;
- Phénomènes exceptionnels : en cas d'évènements exceptionnels, outre l'enlèvement préventif du batardeau en période hivernale ou sa rupture pendant les saisons de production, le comblements de la retenue sera rapide et la faible hauteur de l'ouvrage favorisera sa transparence (crues, laves torrentielles, avalanche).

Une partie de l'ouvrage devra être entretenu et réparé régulièrement (le cas échéant) lors des évènements plus intenses.



**Figure 15 : Position des prises d'eau et du graveur.**





Figure 16 : Vue du site de la prise d'eau (photos : SAGE Ingenierie).



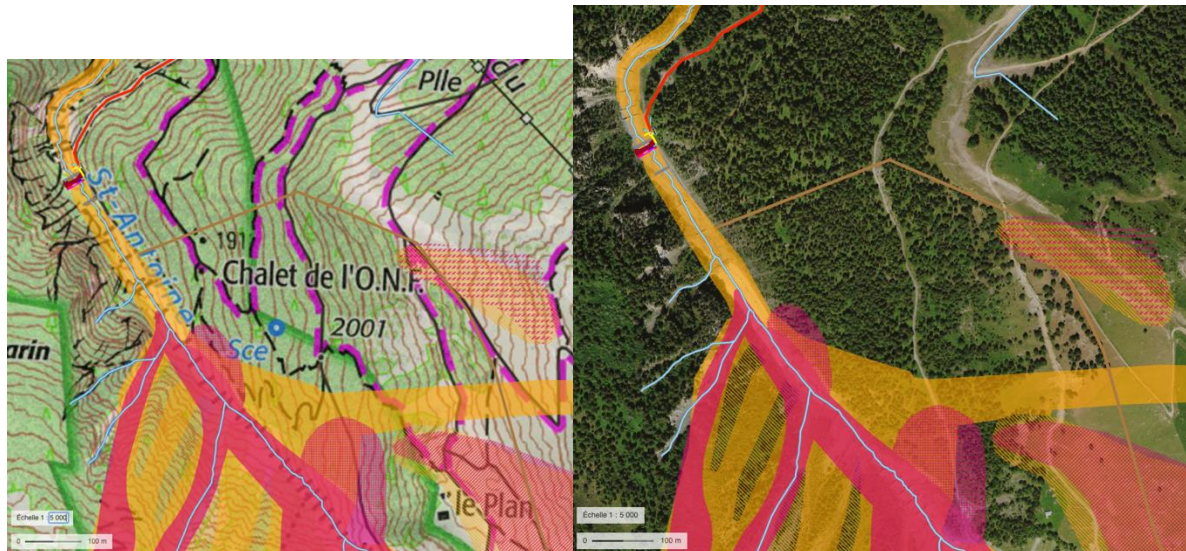


Figure 17 : Repérage des couloirs d'avalanche (en jaune pour l'interprétation des phénomènes passés et en rose pour les observations) et des zones de glissement (le plan à droite en brun) (source : géoportail.gouv.fr).

La zone est caractérisée par des risques avalancheux (plusieurs couloirs d'avalanches latéraux par rapport au torrent qui continuent leurs courses dans le lit du torrent et risques de démarrage depuis les hauteurs du vallon -**Figure 17**).

Par ailleurs, leur positionnement n'est pas situé sur une zone exploitable par l'ONF ou ne constitue pas un obstacle en cas de volonté d'intervention (débardage par câbles ou autre même si cette zone n'a aucune vocation productive voir **chapitre 0**).

Le **chapitre 4.1.2** présente les caractéristiques générales liées à la localisation de la prise d'eau.

**Tableau 4 : Localisation de la zone des prises d'eau.**

<b>Situation foncière</b>	ONF
<b>Altitude</b>	1826 m
<b>Superficie de bassin versant</b>	3,9 km <sup>2</sup>
<b>Coordonnées GPS (x ;y)</b>	989835,91 m ; 6460833,26 m
<b>Accès</b>	Chemin carrossable depuis la station de La Norma

Le dégraisseur est placé en rive droite et relié par une conduite à la prise d'eau.

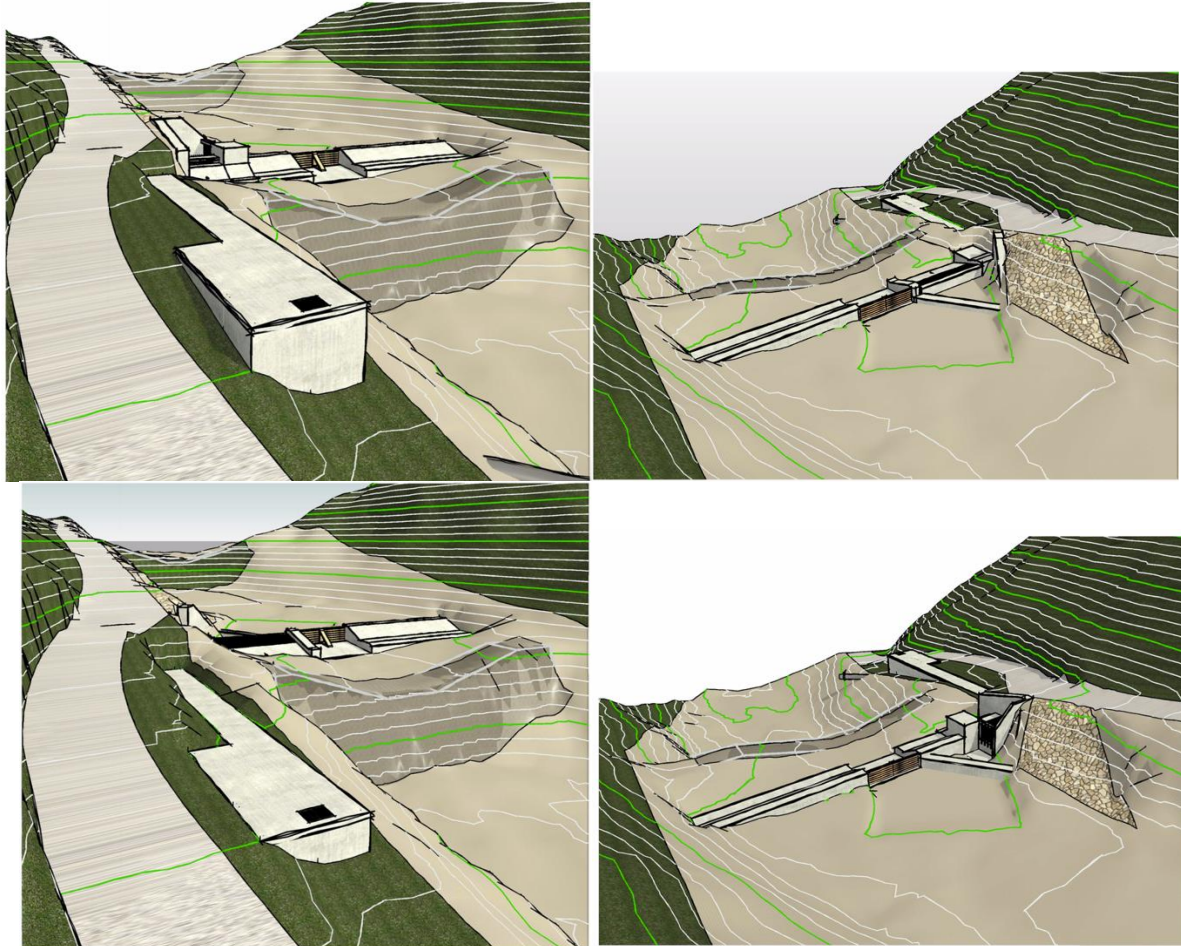


Figure 18 : vue 3D de la prise d'eau et du dégraveur depuis l'aval et l'amont (S1 : au-dessus ; S2 : en dessous).

Des enrochements liaisonnés seront implantés en aval du seuil et sur ses pourtours afin de stabiliser les ouvrages et limiter les risques d'affouillement entre ce seuil et le seuil RTM.

En terme d'intégration (et de protection des ouvrages), le dégraveur sera en grande partie remblayé jusqu'à sa cote supérieure. La prise d'eau sera également aménagée de la sorte.

#### 4.1.3 Cheminement de la conduite forcée<sup>8</sup>

##### 4.1.3.1 Description générale du tracé de la conduite

Le tracé suit globalement le lit du torrent du SAINT ANTOINE dans le domaine ONF. Certaines incursions dans le domaine communal sont cependant envisagées.

Le Diamètre de la conduite est un **DN 400**.

<sup>8</sup> Ce chapitre se base sur notre expertise et le rapport de géotechnique G1 sur le tracé de la conduite qui a été demandé à SAGE Ingenierie que nous remercions pour leur collaboration.



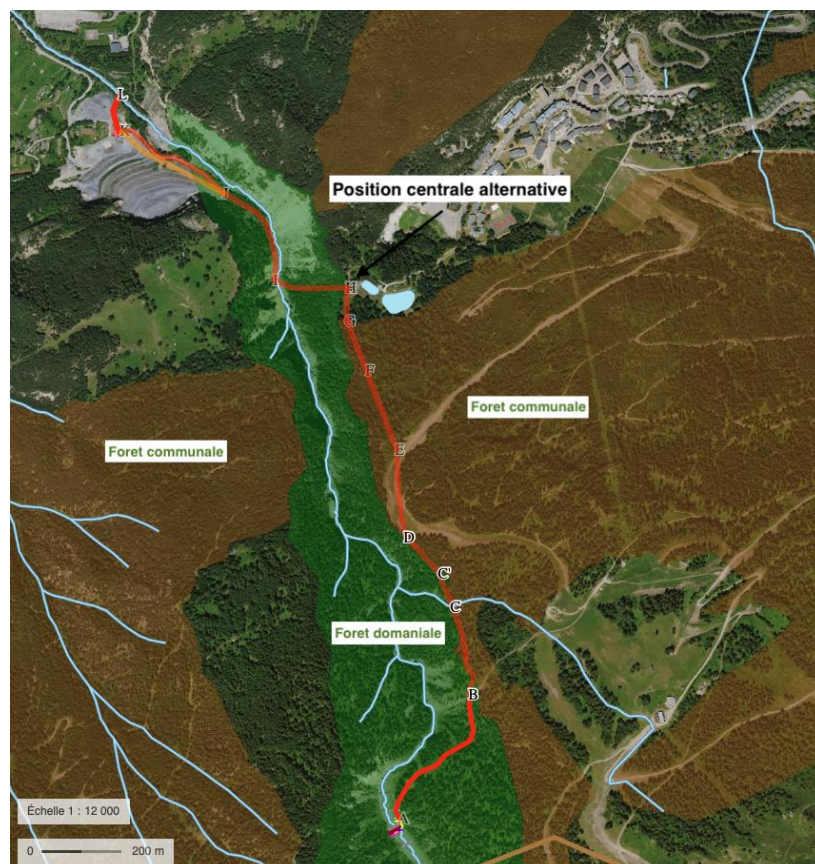
Un défrichement d'environ **4 m de large** devra être pris en compte dans le projet tout au long du tracé (chantier et exploitation).

Elle est enterrée sur la totalité de son parcours.

Le tracé cherche à éviter au mieux les zones de risque d'effondrements, le canyon et ses abords instables, les parois dangereuses.

Les tronçons de la conduite forcée se répartissent comme suit :

- Prise d'eau : implantée entre les barrages RTM N°11 et 12 à l'altitude 1824 m ;
- Tracé de la conduite en rive droite du torrent via la piste intermédiaire carrossable et jusqu'à la piste de ski dite de la « Forêt » (piste rouge qui descend sur la Norma) ;
- Tracé de la conduite pleine pente en rive droite du torrent jusqu'au replat de la NORMA à l'altitude 1360 m (zone des lacs) ;
- 1<sup>er</sup> emplacement possible pour la centrale avec rejet dans le canyon par une conduite ou un canal.
- Cheminement du tracé dans les fortes pentes en contrebas de la Norma jusqu'à l'altitude 1210 m (passage de la conduite en rive gauche du torrent) ;
- Tracé de la conduite en rive gauche jusqu'à la centrale (altitude 1150m) implantée à l'ouest de la plage de dépôts ;





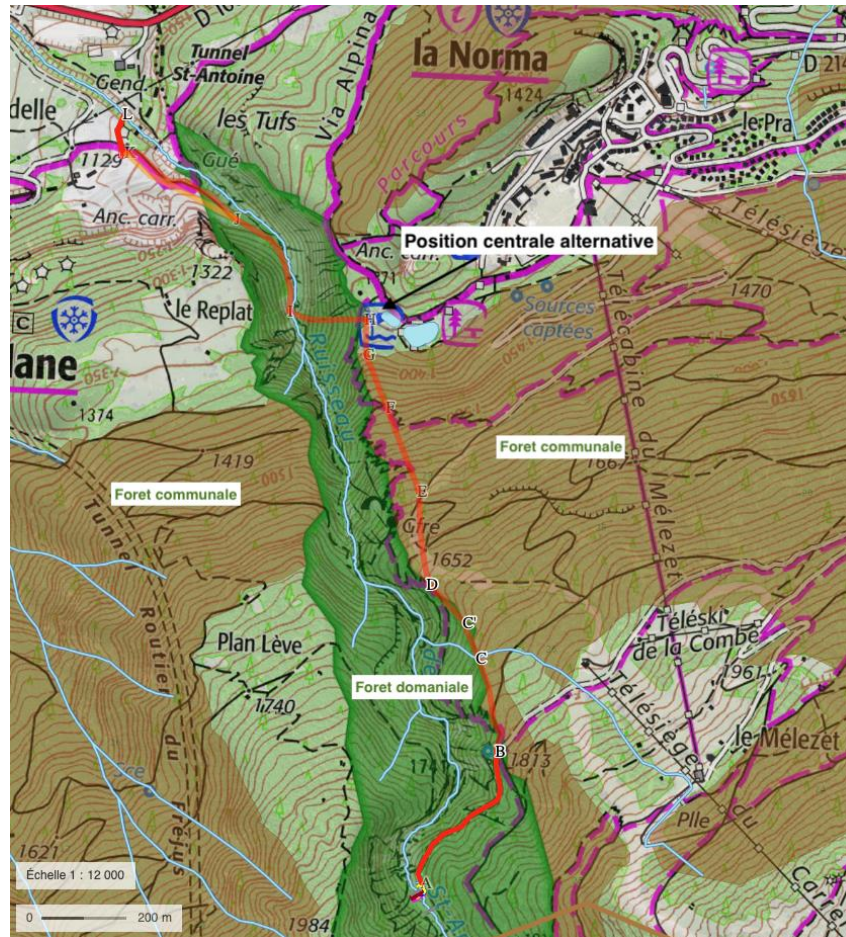


Figure 19 : Tracé général de la conduite (source : géoportail.gouv.fr)

### **Tronçon AB : tracé enterré sous piste carrossable**

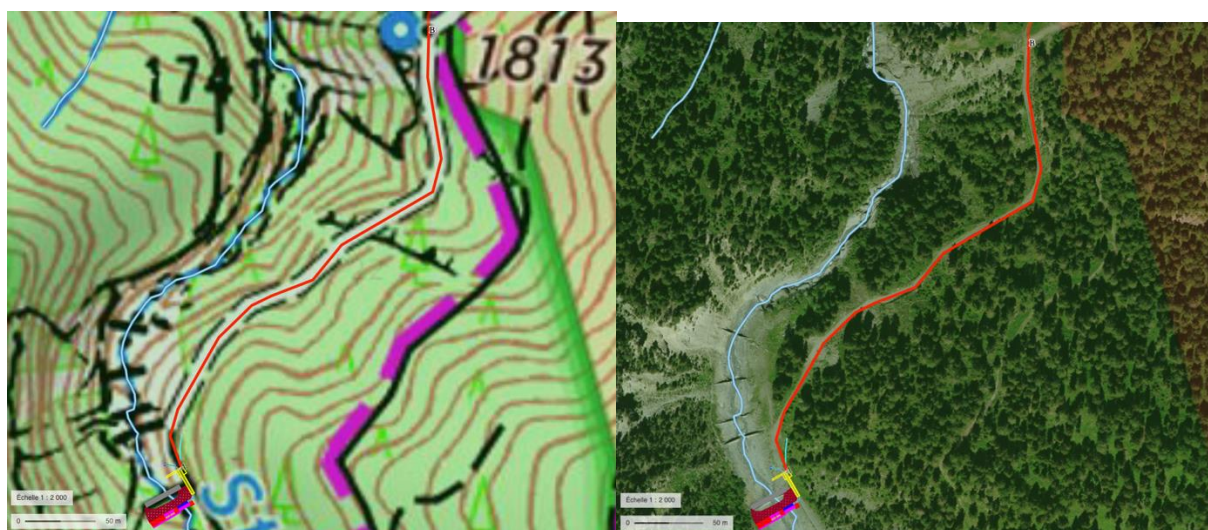


Figure 20 : Tracé de la conduite entre le point A et le point B (source : géoportail.gouv.fr).



Ce cheminement se fait en travers pente entre la prise d'eau et l'altitude voisine de 1820 m environ (**point B**) sur **410 m**. Cette piste a été réalisée en déblais/remblais par le service RTM pour accéder aux barrages en partie supérieure du bassin versant. Cette piste a été aménagée et confortée par des ouvrages de soutènement amont en enrochements, des captages et drainages des petits cours d'eau recoupés par la piste. Actuellement, aucun indice de mouvement important y est observé (notamment aucune fissure n'est repérée sur la plateforme). Seuls des glissements superficiels localisés sont repérés :

- En aval immédiat de la plateforme (glissements superficiels liés aux fortes pentes aval),
- En amont de la piste au droit de certains déblais raides.

Les terrains dans ce secteur sont constitués par des éboulis de schistes lustrés (pouvant renfermer des gros blocs et des venues d'eau). La conduite devra être enterrée du côté amont de la piste, des plots d'ouverture réduite devront être réalisés au droit de certains murs en enrochements qui présentent des indices de mouvement (pierres déchaussées par exemple). Un drain sera posé le long de la conduite et rejeté de façon régulière à l'aval de la piste.

Notons qu'en extrémité aval de la piste, la conduite devrait recouper un réseau de drainage RTM lié aux aménagements de Grand Plan (dont les caractéristiques et implantations devront être relevées précisément sur site).



Figure 21 : Cheminement en rive droite du torrent et exemples de thalwegs qui canalisent les blocs vers le tracé (photos : SAGE Ingenierie).

**Tronçon BCC'D : tracé de la conduite enterré sous le layon forestier jusqu'à la piste de ski dite de la « Fôret » - altitude 1670m**

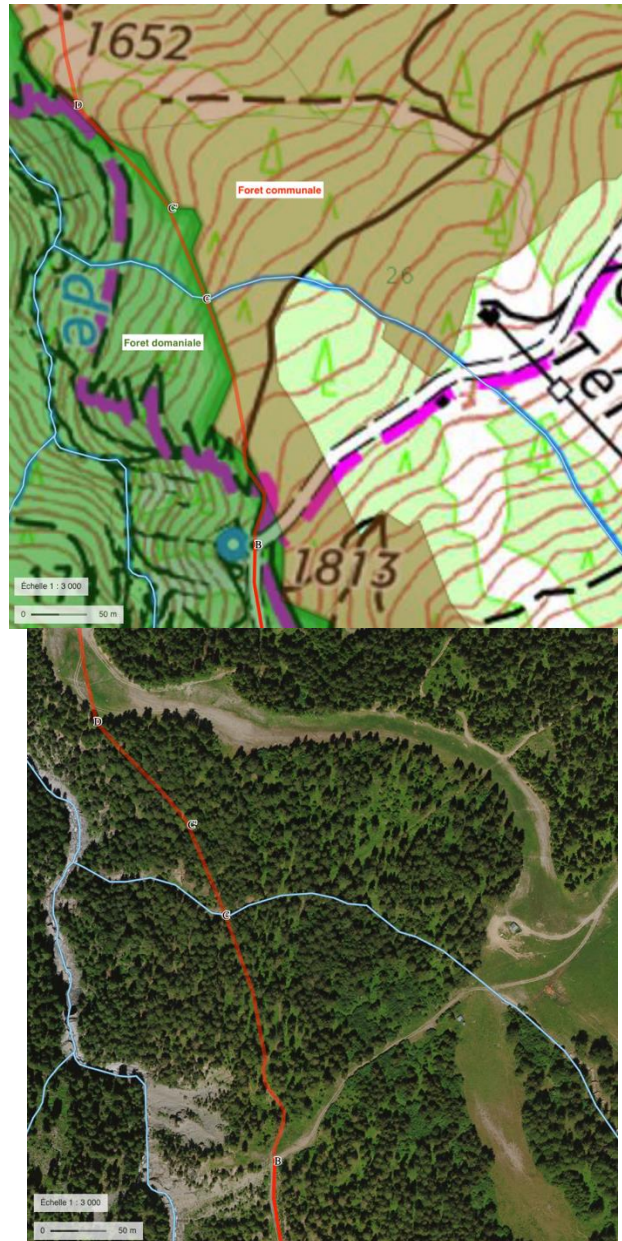


Figure 22 : Tracé de la conduite entre le point B et le point D (source : géoportail.gouv.fr).

Le passage de la conduite dans ce secteur se fait au sein d'une zone boisée en limite ONF sur un linéaire de 459 m, dans des pentes globalement faibles à moyennes qui ne présentent pas d'indice de mouvement. Le début du tracé suit une piste semi-carrossable pour ensuite la quitter en suivant la limite ONF vers la piste de ski.

Ces pentes sont recouvertes par des éboulis et des placages morainiques.



Notons que deux talwegs sont recoupés par le tracé de la conduite :

- Un premier (**point C**) vers l'altitude 1745m, où les berges restent très incisées au sein de moraines à blocs. Le fort ravinement observé est lié à des rejets d'eau depuis la piste de ski qui passe plus en amont. Le passage de la conduite nécessitera la mise en place d'un seuil aval en gabions par exemple sur environ 5m de largeur, afin de stabiliser la conduite au passage du cours d'eau.
- Le second (**point C'**) vers l'altitude 1700m se fait au sommet d'un talweg qui a été historiquement stabilisé par des seuils en pierres. Le passage de la conduite se fait en sommet de la combe, il peut nécessiter aussi un ouvrage en gabion spécifique (à valider en détail sur site).

Sur tout ce secteur la conduite sera enterrée. Les terrassements, réalisés à la pelle araignée, devraient recouper des blocs de toutes tailles qui pourront nécessiter l'emploi du BRH ou des minages spécifiques dans les fouilles.

Un défrichage de minimum 4 m de large est à prévoir sur le tracé.

*Figure 23 : Tracé de la conduite entre le point A (prise d'eau) et le point B (source : géoportail.gouv.fr).*







Figure 24 : Passage thalweg (en haut) et vue du sentier longé au début de ce secteur (en dessous) (photos : SAGE Ingenierie,, MTBE).

### **DE : Passage enterré par la piste de ski**



Figure 25 : Tracé de la conduite entre le point D et le point E (source : géoportail.gouv.fr).

La conduite, maintenant dans la forêt communale de Villarodin-Bourget, trace en ligne droite en coupant le tournant du point D jusqu'au point E sur **219 m**.

Elle évite ainsi un premier glissement profond de grande ampleur détaillé comme suit : zone en rive droite immédiate du torrent entre les altitudes 1600 m et 1450 m environ. Ce glissement affecte la zone du sentier panoramique sur près de 150 m de large environ. Les limites latérales restent bien marquées et sont à l'origine d'escarpements de plusieurs mètres de hauteur et de zones très ouvertes comme celui dit de « la grotte du Grizzli ».

Il sera difficilement réalisable de rester dans le domaine ONF à cet endroit.

Le tracé proposé prévoit de longer la piste de ski en travers pente.

Une autre variante pourrait consister à longer la piste à l'ouest pour rester en bordure, ce qui allonge le linéaire de quelques dizaines de mètres.



*Figure 26 : Vue de la piste de ski au point E.*





*Figure 27 : Vue arrachements et zones d'effondrement actives évitées à l'altitude 1600m (photos : SAGE Ingénierie)*

**EFG : Tracé pleine pente enterré sous le layon forestier jusqu'au replat de la NORMA**



Figure 28 : Tracé de la conduite entre le point E et le point G (source : géoportail.gouv.fr).

Le tracé quitte le **point E** et se développe pleine pente jusqu'au reflat sur **416 m (point G)**.

Une seconde zone en mouvement (**point F**) se situe plus bas dans le versant (1450 m environ) et affecte le pied de pente sur une largeur de l'ordre de 120 à 150 m en amont du reflat de la Norma. Ce glissement peut être lié à la présence de gypses en pied de versant. Les fissures restent aussi très ouvertes et sont visibles sur tout le pourtour de la zone instable (elles paraissent néanmoins moins actives que sur le glissement précédent). Notons que les terrassements devraient recouper principalement des éboulis de pente à blocs (gros blocs visibles en surface). Localement, en contrebas immédiat de la piste de ski, le tracé recoupe un ressaut rocheux sur 30 à 40 m de dénivelé où la conduite devra être fixée au rocher (des observations détaillées dans ce secteur sont à faire après implantation précise du tracé définitif). Des travaux de sécurisation pourront être nécessaires.

La conduite restera toujours à l'Est du sentier panoramique et ne viendra jamais le recouper sur cette descente.

Notons qu'en partie basse (en contrebas de l'altitude 1460 m environ), l'implantation du tracé définitif se fait au sein d'une croupe marquée en rive droite du sentier panoramique. Dans ce secteur, le rocher reste subaffleurant et nécessitera une pose aérienne de la conduite.



Un défrichage de minimum 4 m de large est à prévoir sur le tracé. Néanmoins, la conduite étant située suffisamment loin de ce sentier panoramique très fréquenté, un cordon arboré sera toujours présent et la cachera (aérienne à plusieurs endroits) de la vue du randonneur.

Il est probable que des travaux de confortement devront être réalisés localement pour sécuriser la conduite à moyen-long terme.



Figure 29 : Vue sur des arrachements du second secteur de glissement (en haut). Vue sur le sentier panoramique (en bas)  
(photos : SAGE Ingenierie et MTBE)

### **GH : Tracé enterré sur le replat de la Norma**

Le passage dans cette zone ne pose pas de problème particulier sur 81 m, la conduite sera enterrée le long de la zone récréative jusqu'à l'altitude 1360 m dans l'axe de la combe avale (point H) et la localisation de la centrale.

Cette zone récréative est dévolue à la baignade et la détente pendant la période estivale.



*Figure 30 : Vue sur le replat et la zone d'activités récréatives.*

#### 4.1.4 Centrale

Pour des raisons similaires au point précédent, nous avons également envisagé d'installer la centrale à l'altitude 1361 m dans la zone des lacs.

D'un point de vue foncier, cette appartient à la communauté de communes Terra Modana qui regroupe les communes de : Saint André, Le Freney, Fourneaux, Modane, Villarodin-Bourget, Avrieux, Aussois, la commune nouvelle de Val Cenis, Bessans et Bonneval-sur-Arc.

Outre l'utilisation de la zone en période estivale pour la randonnée (début du sentier panoramique) et comme zone de baignade dans les lacs, l'installation de la centrale à cet endroit ne présente pas de difficultés particulières.

Les parcelles 270 et 265 semblent appropriées pour accueillir le bâtiment.

Le rejet serait organisé dans la comble en rive droite du torrent présenté comme le tronçon HI ci-avant.



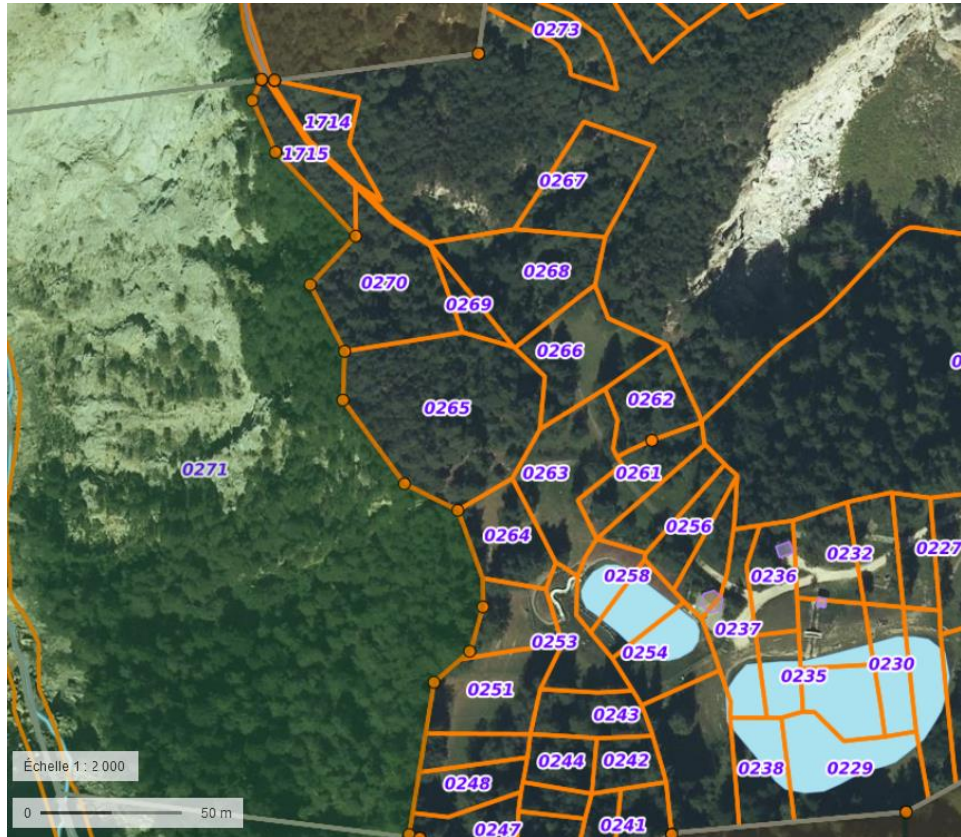


Figure 31 – Parcellaire cadastral en rive droite de la zone des lacs de la station de la Norma.

Tableau 5. Caractéristiques de localisation de la centrale hydroélectrique

<b>Situation foncière</b>	Commune de Villarodin-Bourget
<b>Altitude</b>	1361 m
<b>Coordonnées GPS géographique</b>	45.1988°N, 6.689728°E
<b>Accès</b>	Chemin carrossable depuis les lacs de la Norma

## 4.2 Chiffres clés

- Niveau eau amont = 1824 m NGF
- Niveau aval (axe turbine) = 1361 m NGF
- Hauteur de chute brute maximale : 463 m;
- Module estimé à la prise d'eau : 87 l/s
- Débit réservé dans le tronçon court-circuité (10%) : 8,2 l/s
- Bassin versant à la prise d'eau : 3,9 km<sup>2</sup>
- Débit d'équipement : 200 l/s
- Puissance maximale électrique : 750 kW

Ces chiffres sont présentés à titre indicatif. Ils peuvent être amenés à changer selon les résultats des levés topographiques qui seront réalisés par un géomètre. La puissance électrique restera située autour de 750 kW.

## 4.3 Caractéristiques techniques

### 4.3.1 Débits caractéristiques

#### 4.3.1.1 Débit d'équipement

Le débit d'équipement choisi est de **200 l/s**. Il correspond à un optimum en regard de l'hydrologie disponible, du débit réservé proposé et des caractéristiques du site.

Il tient également compte d'une limitation de puissance à 1 MW pour bénéficier du tarif H16 correspondant.

#### 4.3.1.2 Débit réservé

Compte tenu du faible enjeu piscicole dans le secteur court-circuité par le projet (secteur de gorge avec cascade, seuils et ouvrages infranchissables), et de l'absence de rejet polluant, le débit minimum réglementaire égal au 10<sup>ème</sup> du module, à savoir **8,2 l/s**, peut être retenu comme débit réservé.

#### 4.3.1.3 Débit de projet

Le débit de projet est le débit considéré pour le dimensionnement des ouvrages. Il peut être directement lié à une période de retour d'un événement suivant les sources retenues.

Pour le Saint Antoine, le risque majeur n'est pas lié aux crues « classiques » mais à l'occurrence de laves torrentielles qui se produisent à intervalles plus ou moins réguliers et qui sont beaucoup plus dévastatrices du fait du transport solide important associé.

En conséquence dans le présent projet, nous proposons de retenir la **crue cinquantennale pour le dimensionnement sans dégâts majeurs au niveau de la prise d'eau** en nous basant sur les sources suivantes :

- Document RTM. Voir note en bas de page n°1
- Analyse hydrologique et méthode ONF

Le débit à retenir pour le Saint-Antoine est de **100 m<sup>3</sup>/s**. Il est beaucoup plus élevé que pour les autres projets étudiés car il correspond au débit liquide et solide d'une lave torrentielle, qui est largement supérieur à celui d'une crue cinquantennale usuelle.

Pour la centrale hydroélectrique, les différentes solutions proposées sont toutes en dehors de l'écoulement des laves torrentielles, donc la notion de débit de projet pour la centrale n'est pas prise en considération dans le dimensionnement de celle-ci.

### 4.3.2 Prises d'eau et dégraveur

Le positionnement des prises d'eau et du dégraveur ont été abordés au **chapitre 4.1.2**. Le présent chapitre se concentre sur les principes de dimensionnement.

#### 4.3.2.1 Conception et dimensionnement

L'ouvrage sur le cours d'eau a pour vocation de dériver les eaux vers la prise d'eau tout en garantissant une incidence nulle sur les aléas avalancheux (transparence) et les crues. Pour ce faire, le seuil est de hauteur réduite (2 m) ainsi que la retenue (environ 500 m<sup>2</sup>)



qui peut dès lors au maximum stocker **1000 m<sup>3</sup>** (principalement pour des sédiments charriés). Cette dernière devra donc être entretenue régulièrement, d'autant que son profil va très vite revenir se coller à la pente existante. Une passe centrale principale de 6 m de large, munie de batardeaux fusibles garantit cette transparence (voir

Le projet est strictement au fil de l'eau.

Il est composé :

- D'une faible retenue d'environ 20 m de long sur 25 m de large (profondeur maximale = 1,5 m au droit du seuil) marquée par le seuil artificiel déversant ;
- D'une passe de 6 m de large batardeée à la cote de la crête par des batardeaux en bois-fusible en cas d'avalanche, de lave torrentielle ou de crue importante ;
- D'un seuil déversant d'environ 20 m ;
- De soutènements latéraux (voiles) et centraux (moles) ;
- D'une prise d'eau latérale (V2) ou par dessous (V1) combinée à une prégrille, une grille fine et une conduite vers le dégraveur ;
- D'un seuil de guidage de la charge sédimentaire lourde du torrent (si V1) ;
- Transparence par rapport aux phénomènes de laves torrentielles ou d'avalanches ;
- D'un dégraveur en partie enterré sur la rive droite du torrent et équipé d'une conduite forcée vers la centrale et d'une conduite de vidange ;
- D'enrochements liaisonnés pour protéger les berges et le lit mineur de l'érosion rapide à proximité des ouvrages.

Les bords de l'ouvrage sont reliés aux berges pour garantir une étanchéité et un enrochement important les stabilise.

Les dimensions de la grille sont de 1 m sur 8,4 m (solution par dessous) ou de 4\*2,5 m (solution latérale) et permette d'entonner le débit d'équipement.

L'entrefer sera de l'ordre de 2 cm, le dimensionnement final sera déterminé pour résister à la charge solide charriée et en fonction des spécifications demandées par le turbinier pour protéger les pointeaux et la turbine.

Même si l'effet autonettoyant des grilles par dessous est bien réel, elle est très largement dimensionnée pour intégrer un coefficient d'obstruction partielle lié au transports solides (graviers, feuilles, bois). En période hivernale, si les conditions climatiques permettent le maintien de l'exploitation il faudra s'assurer qu'elles ne s'obstruent pas à cause du gel (« effet de freezing » en surface).

L'ouvrage du seuil est dimensionnée en tenant compte des principes suivants :

- Seuil autostable non ancré (ouvrage poids)
- Capacité d'évacuation de la crue de projet sous une charge limitée à +/- 2 m

La prise d'eau est constituée :

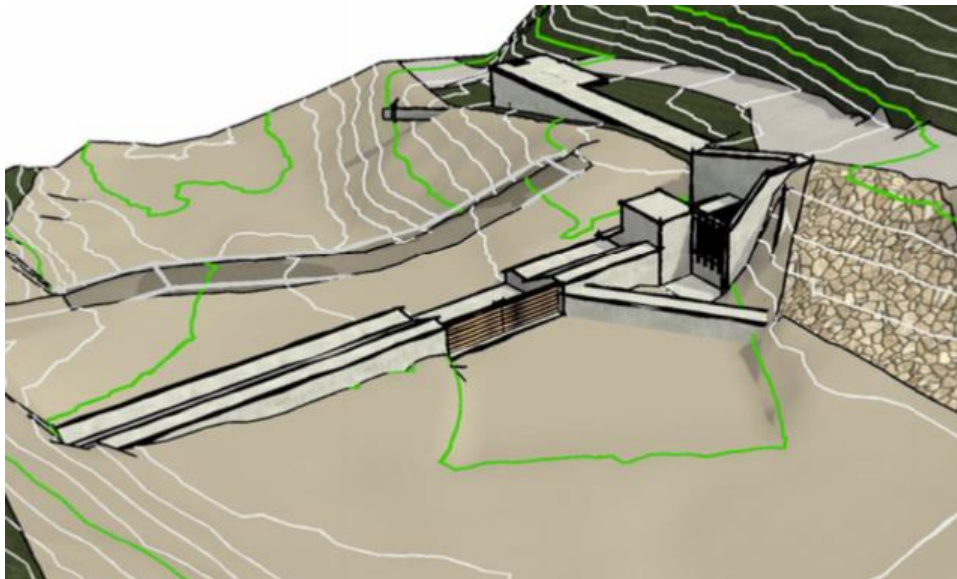
- D'une prégrille pour la protéger des charriages importants (bois, grosses pierres, etc.) dans le cas de la prise d'eau latérale et d'un seuil bas dans le cas de la prise d'eau par dessous ;

- D'une grille fine filtrant l'eau vers le dégraisseur ;
- D'un chenal de retour vers l'aval du seuil à travers les enrochements liaisonnés qui stabilisent les ouvrages ;
- D'un DN 800 qui achemine les eaux vers le dégraisseur

Les dimensions de la grille fine sont de 4 m de large sur 2,5 m d'eau dans le cas de la prise d'eau latérale et de 8,4 m de large sur 1 m de long dans le cas de la prise d'eau par dessous. Elles permettent d'entonner le débit d'équipement.

Le débit réservé et le trop plein sont directement rendus au cours d'eau à l'aval de l'ouvrage.

Le débit réservé est garanti par un tuyau en point bas de la prise d'eau.





mtbe

MERYTHERM BUREAU D'ÉTUDE

id2b Consulting



Présentation de l'avant-projet  
Torrent de Saint-Antoine

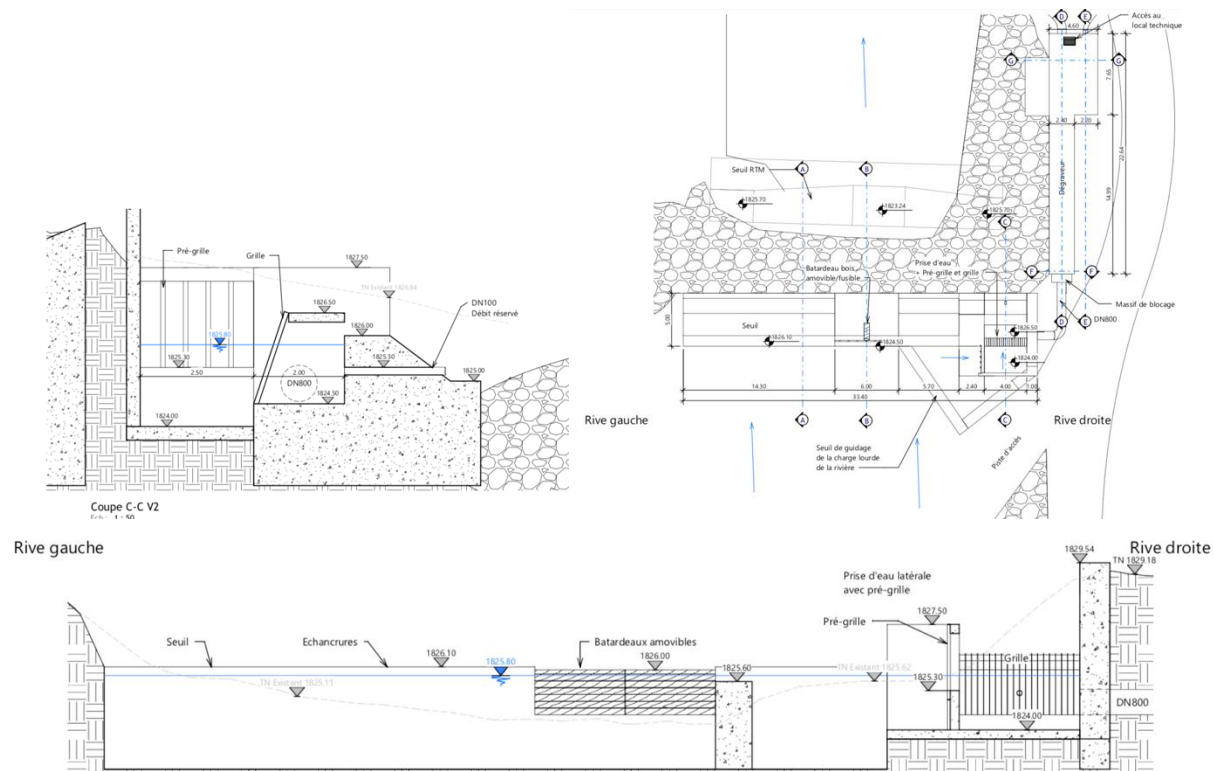


Figure 32 – Vues 3D, en plan et coupe de la prise d'eau et du seuil (solution 2).





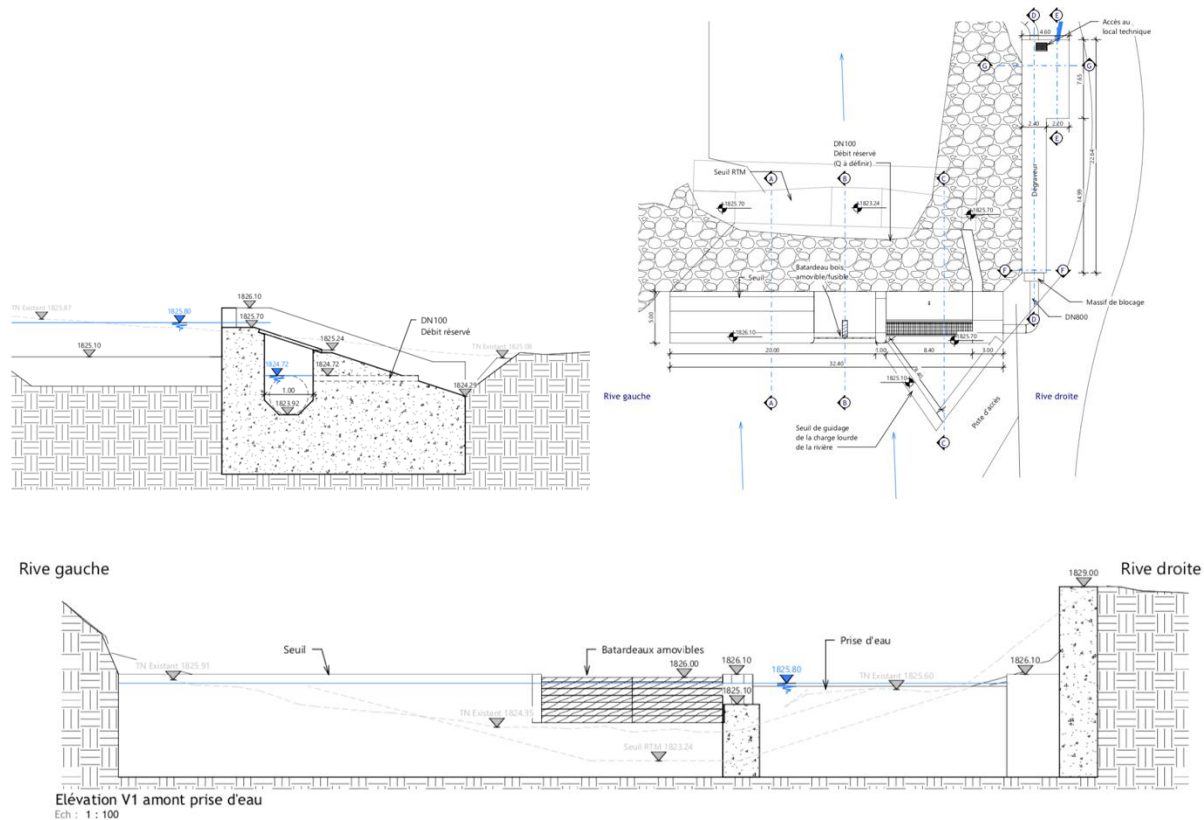


Figure 33 – Vues 3D, en plan et coupe de la prise d'eau et du seuil (solution 1).

La prise d'eau latérale est dimensionnée en tenant compte des principes suivants :

- Présence d'une prégrille de protection parallèle à l'écoulement principal pour réduire les risques de colmatage / rupture de la grille principale en cas d'avalanche ou de lave torrentielle
- Dimensionnement de la grille principale avec un coefficient de transfert de 1,5 fois le débit équipé, pour limiter les interventions de nettoyage en cours d'exploitation
- Espacement des barreaux limitant l'arrivée des gros éléments dans le dégraveur
- Charge maximale sur la grille limitée à 50 cm pour 1,5 fois le débit équipé.

Le dégraveur est un ouvrage stratégique dans l'exploitation de l'aménagement hydroélectrique du Saint-Antoine. Il assure plusieurs fonctions fondamentales :

1. Il doit réduire au maximum le risque d'entraînement de particules solides (limons, sables, graviers...) dans la conduite forcée, qui sont susceptibles vu l'importance de la chute brute de créer des dégâts irréversibles sur les équipements de la centrale (vanne de pied, déflecteur, turbine) et des dégâts importants sur la conduite forcée elle-même. C'est pourquoi il comprend deux zones séparées pour garantir que l'eau pénétrant dans la conduite forcée est le plus possible faiblement chargée en matières solides agressives. Il est aussi l'ultime protection en cas de

rupture d'une grille de prise d'eau qui induirait obligatoirement un transport important de matières solides dans le circuit hydraulique.

2. Il doit permettre de mettre hors d'eau la conduite forcée, pour toute opération de maintenance ou de sécurité.
3. Enfin, il doit permettre de piloter l'exploitation de façon optimum (régulation en continu du niveau donc du débit turbiné) pour gérer au mieux les débits dérivés au niveau des prises d'eau par en dessous.

Il est conçu en tenant compte des hypothèses suivantes :

- En l'absence actuelle d'analyse granulométrique et minéralogique des particules susceptibles de rentrer dans le dégraveur, le prédimensionnement vise à piéger les particules de diamètre supérieur à 0,4 mm. Cette valeur devra être revue avec le turbinier en fonction de la minéralogie des particules pouvant être entraînées jusqu'à la centrale.
- Le volume de régulation disponible sera d'environ 45 m<sup>3</sup>, sur une hauteur d'un mètre.
- Ce volume correspond à un temps de réponse hydraulique (sans apport) d'environ 240 s (4 mn) au débit maximum. Bien que court, ce temps permet un pilotage efficace du niveau (variation maxi du niveau de 25 cm/mn qui est facilement détectable avec la sensibilité des sondes actuelles).
- Une plage de marnage plus serrée, corrélée au débit entrant mesuré, avec un temps de réponse hydraulique plus long, pourra être définie pour augmenter la sécurité et la flexibilité de l'exploitation.

Les procédures de dégravage devront faire l'objet d'une analyse précise selon le fonctionnement réel du dégraveur (nature des éléments piégés, volumes, périodicité). Elles seront systématiquement effectuées sous le contrôle d'un opérateur, pour veiller à la sécurité des biens et des personnes.

Il se compose :

- D'un corps principal en trapèze qui dégrave et dessable les matériaux charriés ;
- D'un seuil de trop-plein qui relâche directement les eaux vers le torrent ;
- D'une chambre de mise en charge latérale et du départ de la conduite forcée ;
- D'une vanne de dessablage et d'un chenal d'évacuation qui rejoint le torrent à travers les enrochements liaisonnés ;
- D'une petite chambre technique vers l'aval, accessible par une trappe au-dessus, dans le prolongement de la chambre de mise en charge, pour positionner les éléments de contrôle et manutentionner la vanne de tête de la conduite forcée.

Le fil d'eau d'exploitation considéré dans le dégraveur est de **1824,30 m NGF**.

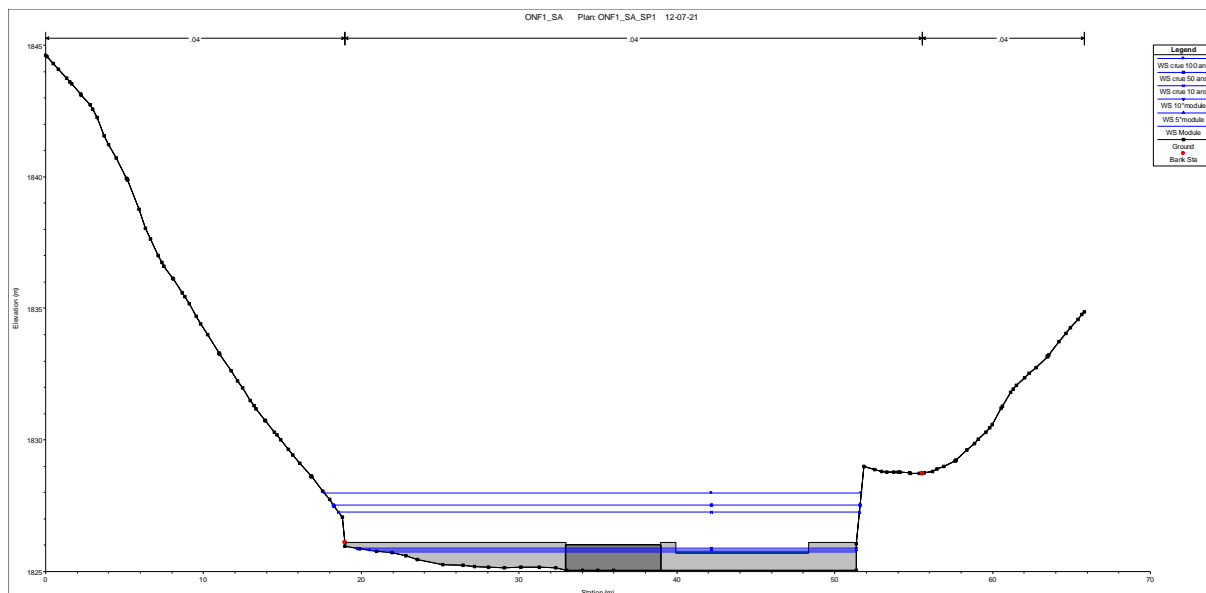
**La mise en œuvre d'une vanne de survitesse pour protéger les ouvrages et détecter les fuites devra être étudiée dans la suite du projet suivant les besoins de l'exploitant et les impositions légales.**

Les plans de principes sont proposés en **annexe 1**.

#### 4.3.2.2 Dimensionnement hydraulique

A titre indicatif, l'un des seuils RTM à proximité de la zone de prise d'eau a été équipé de sondes enregistreuses pour permettre un suivi de l'hydrologie du cours d'eau et optimiser les dimensionnements techniques et environnementaux.

Un modèle HECRAS a été réalisé pour définir les écoulements sous plusieurs débits caractéristiques dans une première approche et vérifier que les dimensionnements sont cohérents. Le terrain naturel est issu du LIDAR Maurienne et nos ouvrages ont été implantés dans ce modèle numérique de terrain. La **Figure 34** montre la coupe dans le seuil et le terrain au droit de l'ouvrage. L'altitude du seuil est de **1826,10 m NGF**, celui des batardeaux de 1826,00 m et celui de la prise d'eau par dessous (V1) est de **1825,70 m**.





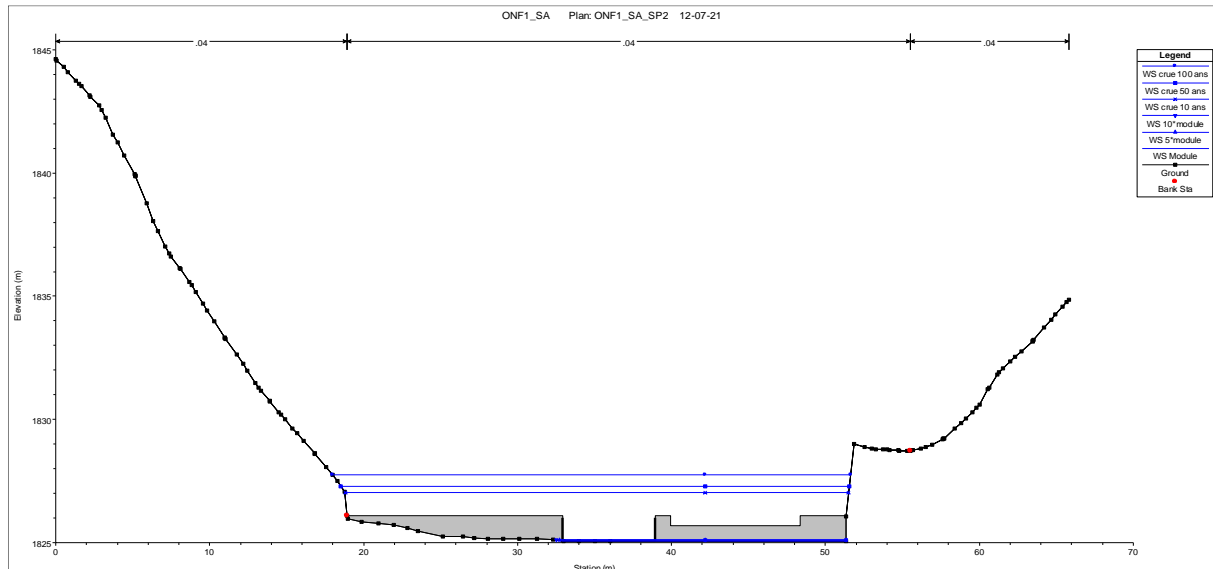


Figure 34 – Coupe du modèle dans le seuil projeté (solution 1 ; batardeau fermé au-dessus et ouvert en dessous).

La modélisation a été réalisée avec (fonctionnement au moment de la crue et pas de rupture ou comblement complet du seuil) et sans les batardeaux (batardeaux rompus ou retirés) en considérant la centrale à l'arrêt (soit la totalité du débit dans le torrent). Une évaluation de la lame d'eau existante avec les barrages RTM a également été modélisée à titre comparatif.

Tableau 6 – Modélisation hydraulique des ouvrages (batardeaux posés).

Caractéristiques	Débits (m3/s)	Niveau eau amont ouvrage (avec batardeau)	Niveau eau amont ouvrage (sans batardeau)	Niveau eau amont entre seuil 11 et 12
<b>Module</b>	0,087	1825,74	1825,07	1825,73
<b>5*Module</b>	0,435	1825,81	1825,09	1825,84
<b>10*Module</b>	0,87	1825,88	1825,11	1825,91
<b>Crue decennale</b>	75	1827,27	1827,03	1827,36
<b>Crue cinquantennale</b>	100	1827,53	1825,29	1827,60
<b>Crue centennale</b>	150	1827,99	1825,75	1828,01

Sans les batardeaux, l'ouverture centrale de 6 m laisse passer les petites crues et présentent un impact négligeable sur les grandes crues en considérant en outre qu'il est difficile d'évaluer son comportement en crue torrentielle. L'analyse de la situation existante permet de se rendre compte du faible écart (avec une observation que l'aménagement semble moins impactant à l'amont direct de la zone d'implantation de l'ouvrage soit au pied du seuil RTM n°12) avec la situation projetée. Les différences sont dues au remaniement des radiers entre les deux seuils RTM pour la construction de l'ouvrage et aux endroits considérés pour présenter les résultats du modèle.

Cette modélisation ne prend pas en compte les comblements du chenal dus à des phénomènes connexes (accumulation d'embâcles, modification du lit mineur, etc.).

#### 4.3.2.3 *Prise en compte de son environnement et intégration paysagère*

Dans son environnement, nous devons considérer un milieu ouvert et nu, très rocailleux. En outre, les seuils RTM présents sur ce linéaire apporte une touche anthropique. Les ouvrages ne dénoteront dès lors pas avec l'environnement du site.

Néanmoins, les mesures suivantes sont proposées pour optimiser l'intégration des ouvrages dans leur environnement :

- La hauteur du seuil est réduite afin de minimiser son impact lors d'événements exceptionnels. Il se comblera très vite et favorisera ainsi sa transparence à ces événements (principalement avalanche) ;
- La prise d'eau est petite et majoritairement placée sous le niveau naturel ;
- Le dégraveur est placé en prolongement de la prise d'eau sur la rive droite en dehors du lit mineur du torrent et enterrée sous le terrain naturel.



Figure 35 – Vue sur la zone d'emplacement du dégraveur et du seuil.

#### 4.3.2.4 *Sécurisation du site*

Le site sera sécurisé par un panneau indiquant un accès restreint et les regards seront fermés au moyen de cadenas sur les accès au dégraveur. Un panneau explicatif permettra de présenter le projet et son intérêt socio-économique et environnemental.

#### 4.3.2.5 *Aspects fonciers*

Les prises d'eau et le dégraveur sont entièrement repris dans les parcelles gérées par l'ONF. La convention entre le maître d'ouvrage et l'ONF permettra dès lors une installation sur ces terrains.

Le **Tableau 7** reprend les parcelles concernées.

**Tableau 7 : Parcelles cadastrales pour les prises d'eau et le dégraveur.**

Ouvrage	Cadastre	Domaine	Commune
Prise d'eau et dégraveur	Torrent du Saint-Antoine, non cadastré et parcelle 0D1509 (RD) et 0D872 (RG)	ONF	Modane
Accès	Route depuis la Norma puis chemin semi carrossable existant jusqu'à la prise d'eau	ONF	

#### 4.3.3 Conduite forcée

Le positionnement de la conduite forcée a été abordé au **chapitre 0**. Le présent chapitre se concentre sur les principes de dimensionnement.

##### 4.3.3.1 Conception et dimensionnement

Le Diamètre de la conduite retenu à ce stade est un **DN 400**. Son linéaire horizontal est de 1486 m et 1607 m de longueur développée. Une étude complémentaire spécifique (G2AVP) sera réalisée ultérieurement.

##### 4.3.3.2 Prise en compte de son environnement et intégration paysagère

Afin de tenir compte des caractéristiques géologiques et topographiques du cheminement de la conduite forcée, une typologie générale de pose est proposée. Chaque tronçon a été présenté au **chapitre 4.1.3** avec sa typologie propre.

L'objectif est de maximiser les linéaires souterrains afin de réduire l'impact paysager de la centrale. Les milieux traversés étant principalement naturels et forestiers, une attention particulière est portée à son intégration.

##### 4.3.3.3 Sécurisation du site

Sur les tronçons à risques (avalanche, lave torrentielle, crue), la conduite est systématiquement enterrée.

Les passages le long du sentier panoramique (affleurement rocheux et blocs) et dans la combe entre le replat de la Norma et le passage aérien sur le torrent seront étudiés spécifiquement en G2 AVP.

Pour la phase chantier, un plan de sécurisation sera prévu sur les passages particuliers identifiés.

##### 4.3.3.4 Aspects fonciers

La conduite forcée est majoritairement reprise dans les parcelles gérées par l'ONF. La convention entre le maître d'ouvrage et l'ONF permettra dès lors une installation sur ces terrains.

Certains secteurs pressentis pourraient cependant se situer en dehors de cette zone pour des raisons techniques, de protections des biens et des personnes et d'intégration paysagère. Il s'agit :



- Du secteur « DH » de 738 m qui chemine dans la forêt communale de la commune de Villarodin-Bourget afin d'éviter les zones dangereuses de gorges et le sentier panoramique ;
- D'une partie du secteur « JK » de 202 m entre la fin de la zone ONF et la centrale sur la commune de Modane.

Le linéaire en dehors de la zone ONF est de **39%**.

Une alternative pour installer la centrale au niveau du replat de la Norma dans la zone des lacs est également à l'étude. La conduite s'arrêterait des lors au point H.

Le **Tableau 8** reprend les parcelles concernées.

*Tableau 8 : Parcelles cadastrales pour la conduite forcée.*

Repères	Cadastre	Domaine	Commune
ABCC'D	OD 1509	ONF	Villarodin-Bourget
DEFG	OE 2749	Commune : Villarodin-Bourget	
GH	OE 0247-0248-0249-0251-0252	Commune : Com Com Terra Modana	
HI	OE 0271	ONF	
IJ	OD 0013	ONF	
JK	Voirie communale OD 1055-3485-4179	Commune : Modane	Modane

#### 4.3.4 Centrale

Le positionnement de la centrale, en rive droite sur le replat de la Norma été abordé au **chapitre 4.1.4**. Le présent chapitre se concentre sur les principes de dimensionnement.

##### 4.3.4.1 Technologie et conception

Compte tenu de la hauteur de chute, et des variations du débit turbinable, nous portons notre choix sur l'installation d'une turbine Pelton à 1 ou 2 injecteurs. Ceci permettra de maintenir un excellent rendement jusqu'à des faibles débits. Le débit d'amorçage de la turbine sera de 10% du débit d'équipement. Le débit d'alimentation de la turbine variera en fonction du débit du torrent du Saint Antoine à la prise d'eau tout en maintenant un débit réservé suffisant.

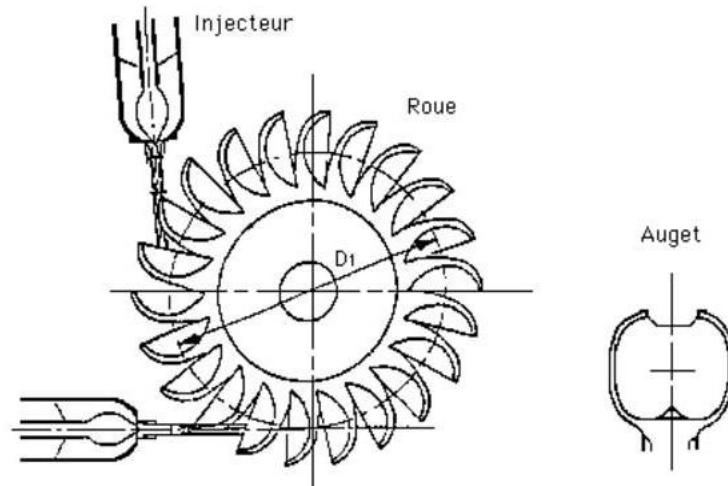


Figure 36 – Principe d'une turbine Pelton à 2 injecteurs.

La turbine sera équipée d'une vanne de pied de type « papillon ». Cette vanne permettra d'isoler la turbine, notamment pour les opérations de maintenance. L'ouverture de la vanne sera commandée par un système hydraulique, et sa fermeture par un contrepoids.

Ci-après les caractéristiques principales de la turbine Pelton :

- Turbine de type Pelton,
- Débit maximum : 185 l/s,
- Débit minimum : 18,5 l/s,
- Chute brute maxi : 678 m,
- Puissance nette maxi : 1 000 kW
- Roue Pelton en acier inox,
- Pointeaux en acier inox,

La turbine est couplée à un alternateur synchrone triphasé de 1 100 kVA. Cet alternateur est relié à un transformateur de 1 100 kVA permettant de rejoindre la tension de la cabine. Ensuite, le courant passe à travers les cellules de protection avant d'être injecté sur le réseau public de distribution.

La centrale hydroélectrique compte également une armoire de puissance, une armoire d'automatisme ainsi qu'un poste de comptage de l'énergie (produite et consommée).

L'armoire d'automatisme permet notamment de piloter la centrale hydroélectrique.

Un local haute tension sera accolé au bâtiment (côté opposé au torrent et laves torrentielles).

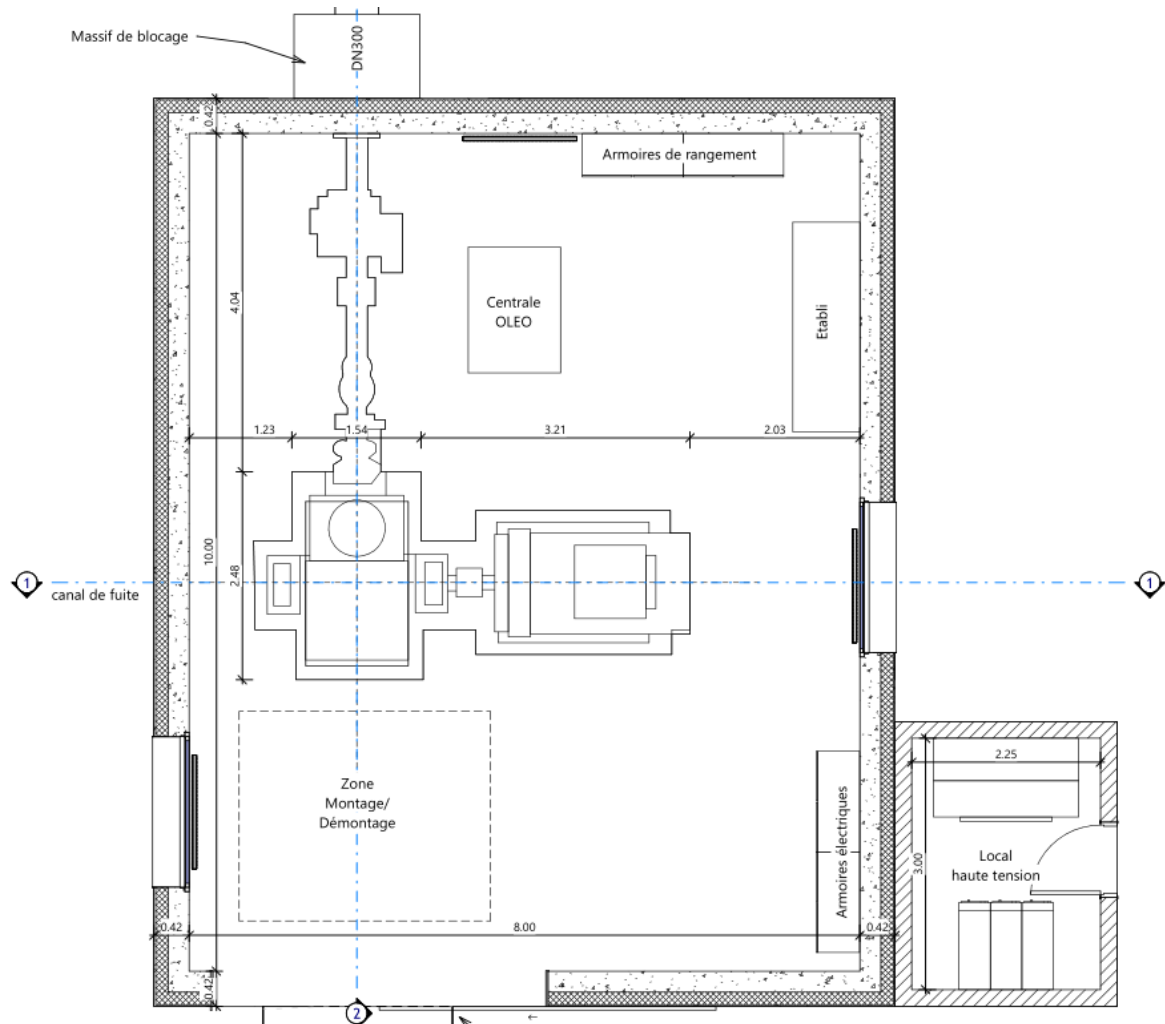
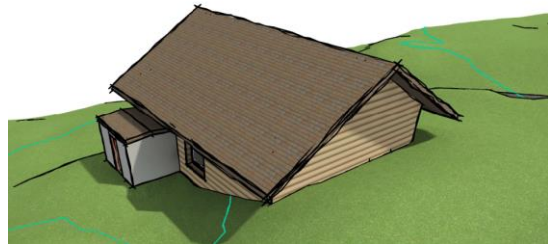


Figure 37 – Vues 3D et en plan du bâtiment (illustration indicative, l'aspect définitif sera adopté en concertation avec les services conseils et instructeurs).

Les plans de principes sont proposés en **annexe 1**.



#### 4.3.4.2 *Prise en compte de son environnement et intégration paysagère*

Le bâtiment de la centrale serait situé sur la rive gauche dans la zone de l'ancienne carrière. Il sera isolé pour éviter toute nuisance sonore vers l'extérieur.

Il sera intégré dans son environnement au moyen d'une architecture montagnarde de type chalet et d'un bardage naturel en essence locale. Ce point sera discuté avec les services instructeurs et la mairie pour intégrer leur demande.

#### 4.3.4.3 *Sécurisation du site*

Le site est sous télésurveillance (caméras de sécurité) et l'automatisation complète de la centrale permet de la contrôler à distance. Des alarmes sont également directement reliées à l'exploitant en cas de défaut.

Les dernières références de laves torrentielles ainsi que les données historiques indiquent que cette zone ne semble pas touchée par ces événements à risque, surtout depuis la réalisation de la plage de dépôt. Un projet en cours viendra dans les prochaines années augmenter la capacité de cette plage et protéger la route départementale et le chemin de fer en aval.

Les murs en face de l'arrivée des crues et des laves (nord et est) sont aveugles et renforcés tandis que les éléments électromécaniques sensibles seront placés sur des châssis en hauteur pour limiter le risque (bien que la zone soit reprise dans le PPRN sous l'intitulé non-constructible pour risque d'inondation, de crue torrentielle et de coulée de boue, voir **chapitre 3.1.2**, la construction d'un local technique tel qu'une centrale hydroélectrique sans présence humaine permanente peut être autorisée en respectant un cahier des charges adapté au projet).

#### 4.3.4.4 *Canal de rejet*

Un canal de rejet d'environ 118 m de linéaire partira de la centrale pour converger les eaux turbinées vers le torrent. Les berges seront renforcées (enrochements liaisonnés) au niveau du rejet pour éviter l'érosion. Ce canal sera souterrain sur tout son parcours pour garantir le passage.

Il se rejette quelques dizaines de mètres en aval de l'ouvrage de protection de la plage de dépôt.

#### 4.3.4.5 *Aspects fonciers*

La centrale serait entièrement située dans une parcelle appartenant à la commune de Modane. Plusieurs échanges ont déjà eu lieu avec la commune de Modane pour évaluer les possibilités de collaboration.

Le chenal d'évacuation qui rejoint le Saint-Antoine est souterrain.

Le Tableau 9 reprend les parcelles concernées.

*Tableau 9 : Parcelles cadastrales pour la centrale.*

Ouvrage	Cadastre	Domaine	Commune
Centrale	0E 4179	Communal	Modane

<b>Canal d'évacuation</b>	OC 1471-1045	Communal	
---------------------------	--------------	----------	--

















#### 4.3.4.6 Centrale – alternative au niveau des lacs

Les spécificités techniques doivent être revues pour cette option. En effet, la chute étant réduite et le projet adapté en conséquence, il n'est plus opportun de prévoir une centrale plus évoluée que les autres projets à cet endroit. Elle serait plus petite que celle présentée au chapitre précédent, se rapprochant de la centrale proposée pour le projet du Grand Vallon. Son intégration paysagère est d'autant plus importante que le lieu est touristique en été. Les aspects (dimensions, organisation, intégration paysagère) développés dans le rapport du Grand Vallon peuvent être repris et adaptés au contexte de la zone des lacs.

#### 4.3.5 Raccordement électrique

Le poste HTA le plus proche pour la solution à Modane est relativement éloigné car il est situé dans le hameau à Modane, au croisement de la rue des jardins et de la rue de du Charmaix (non loin du cimetière) à quelques 640 m de la centrale. Le câble serait enterré sous le chemin carrossable et la route jusqu'au poste.



Téléchargement de données		
Jeu de données	Ensemble de données	Données correspondant à la zone sélectionnée (à l'aide des outils de sélection)
Postes source	 , 	 ,  (2 234 enregistrements)
Lignes HTA	 , 	 ,  (1 096 553 enregistrements) ⚠
Postes HTA/BT	 , 	 ,  (730 821 enregistrements) ⚠
Lignes BT	 , 	 ,  (4 129 687 enregistrements) ⚠

⚠ Le téléchargement de données en format Shapefile est limité à 50 000 enregistrements. Vous pouvez sélectionner une zone (à l'aide des outils de sélection) pour rentrer dans les limites de taille.

Figure 38 – Réseau ENEDIS à proximité de la centrale (source : <https://www.enedis.fr/cartographie-des-reseaux-denedis>).

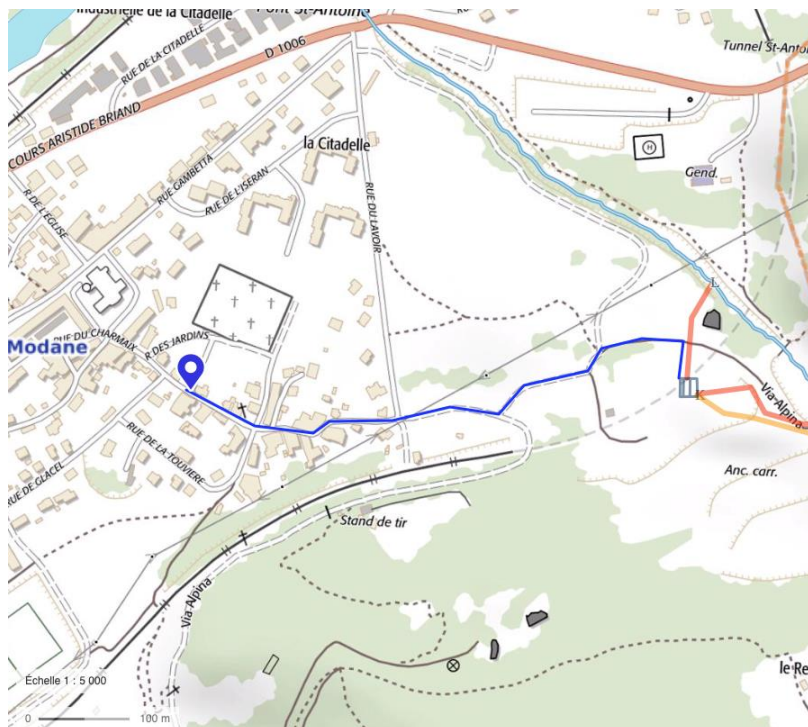


Figure 39 – Cheminement du câble (en jaune) jusqu'au poste identifié (source : géoportail.gouv.fr).

Pour l'alternative au niveau de la Norma, il ne semble pas y avoir de poste HTA/BT à proximité. Le plus proche étant à plusieurs kilomètres sur Villarodin ou directement sur Modane.

Une étude simplifiée doit être demandée à ENEDIS afin de définir la faisabilité d'injection et de soutirage du poste existant.

En effet, l'outil « Caparéseau » indique que la capacité d'accueil sans travaux semble nulle à l'heure actuelle à proximité.



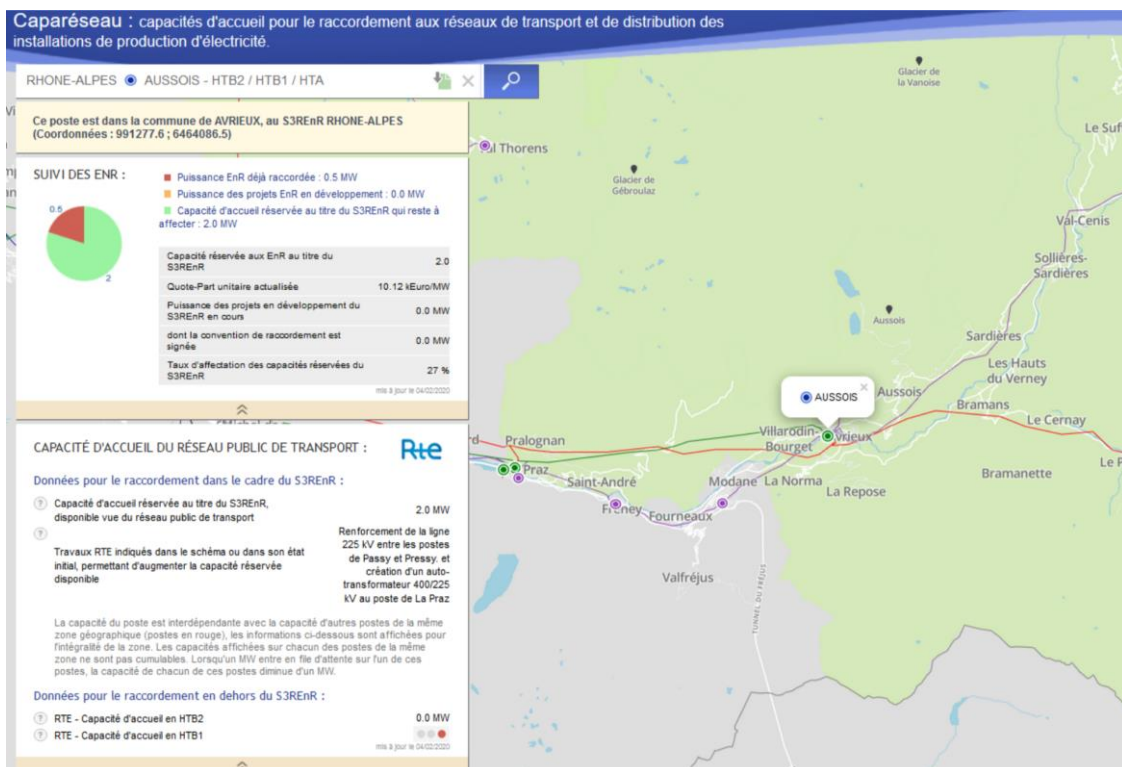
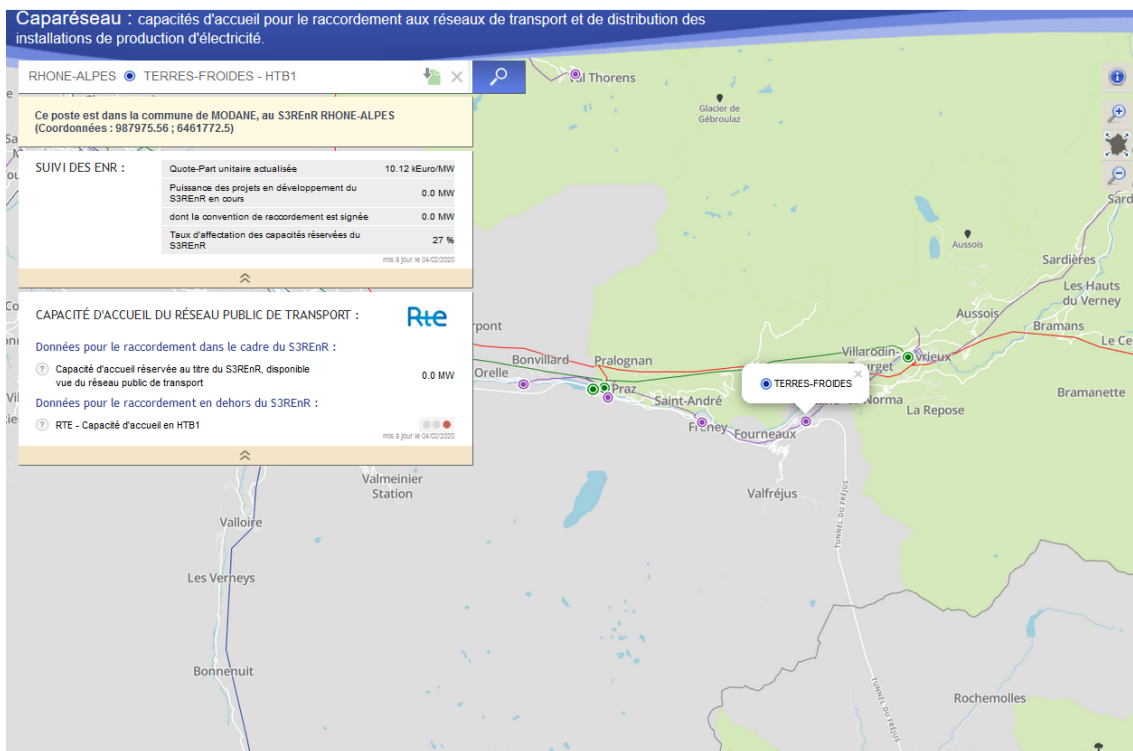


Figure 40 – Capacité d'accueil du réseau de transport et de distribution (source : <https://www.capareseau.fr/>).

## 5. Construction et exploitation

### 5.1. Construction de la centrale hydroélectrique

Le chantier se déroulera sur 8 mois.

- Les différents ouvrages (prise d'eau, conduite forcée et bâtiment usine) pourront être réalisés en parallèle par des équipes ou des entreprises différentes. La réalisation de la centrale hydroélectrique sera divisée en 4 lots, qui seront confiés à des entreprises locales possédant l'ensemble des compétences techniques nécessaires. La maîtrise d'œuvre sera assurée par la CCEV accompagnée de l'expertise de MTBE.
- LOT 1 : Génie civil (ventilé en lot 1A : prise eau, dégraveur et bâtiment centrale ; lot 1B : Pose de la Conduite forcée et ouvrages y afférents)
- LOT 2 : Turbine / Alternateur
- LOT 3 : Ferronnerie et vantellerie
- LOT 4 : Fourniture conduite forcée
- LOT 5 : électricité BT / MT/ contrôle commande

Les partenaires retenus pour chacun des lots seront privilégiés dans les entreprises locales.

Le chantier sera réalisé suivant cette démarche :

#### LOT 1 : Génie civil

La construction des prises d'eau se fera en mettant en place des batardeaux qui permettront de laisser librement s'écouler le torrent du Saint-Antoine.

Préalablement, l'accès sera vérifié pour tout le charroi. Il s'effectuera directement depuis Villarodin ou depuis la station de la Norma par la piste forestière.



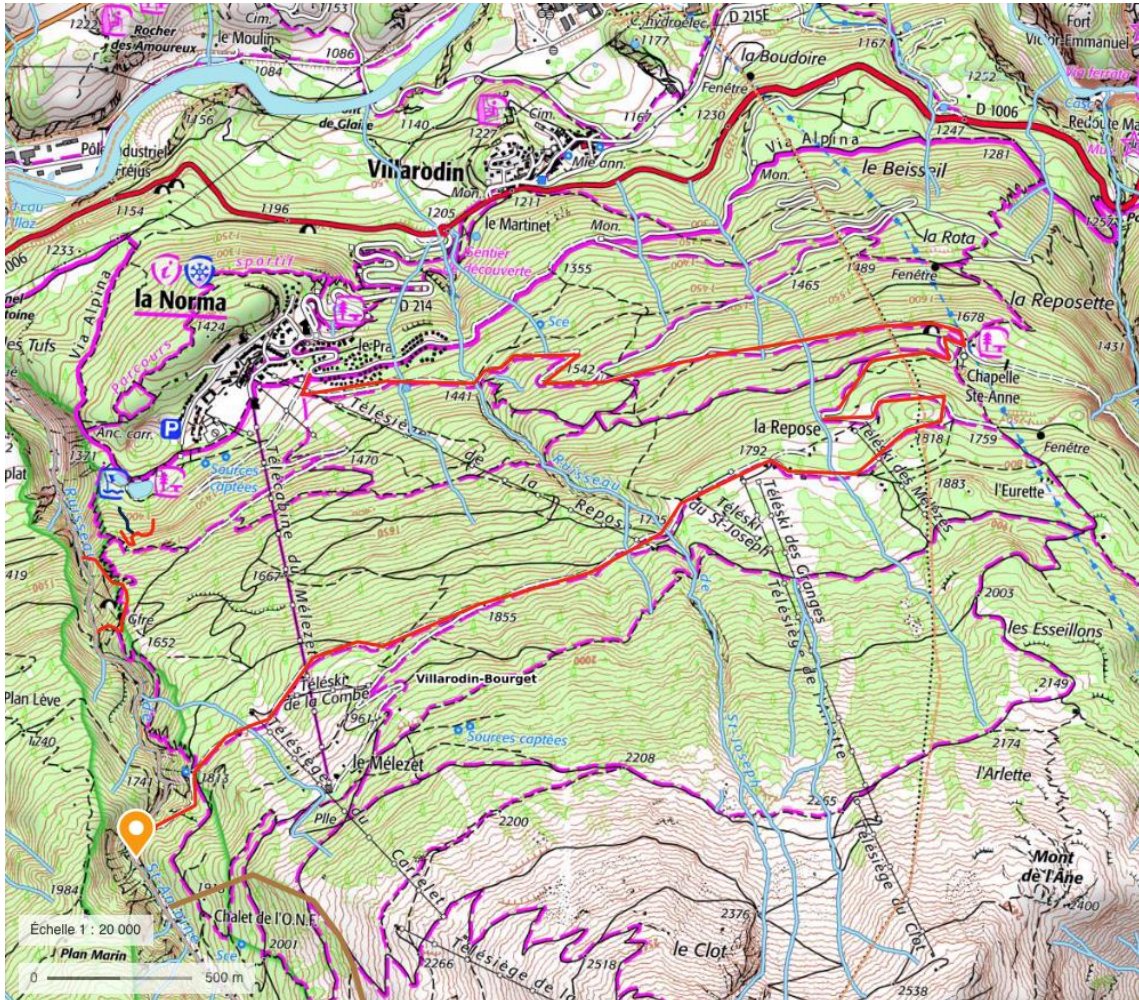


Figure 41 – Accès envisagé a la prise d'eau en phase chantier et d'exploitation (tracé rouge depuis la Norma).

La chambre de dégravage/dessablage peut être construite en même temps sans nécessiter de mise à sec (puisque en dehors du thalweg).

L'ensemble des travaux à la prise d'eau sera réalisé en période de basses eaux.

La conduite forcée sera principalement enterrée sur son parcours et sera posée depuis le dégraveur vers l'usine. Une attaque fractionnée descendante et/ou montante peut être envisagée pour réduire les délais de pose. Des pelles araignées seront nécessaires sur une partie du linéaire. Le recours à des travaux héliportés sera probablement nécessaire dans les zones les plus escarpées et difficiles d'accès.

La tranchée de pose sera réalisée au fur et à mesure. Les tronçons de conduite seront posés successivement sur un lit de sable (lorsque nécessaire) puis soudés entre eux. La tranchée sera alors refermée à l'avancement. Suivant la grandeur des arbres en place, ils

seront poussés par la pelle ou abattus pied par pied. L'objectif est de limiter fortement le défrichement en recherchant les passages les moins boisés.

La construction du bâtiment de l'usine respectera les règles locales d'urbanisme afin d'être parfaitement intégrée dans son environnement et sera isolée phoniquement pour éviter tout désagrément.

Après le chantier, la surface déboisée sera replantée, ou laissée libre à la recolonisation spontanée, en accord avec les services de l'État.

La centrale pourra être construite en même temps que les travaux pour la prise d'eau.

#### LOT 2 : Turbine et alternateur et contrôle commande

Une fois le bâtiment usine terminé, la turbine et l'alternateur seront mis en place à l'aide d'une grue. Deux semaines de montage seront nécessaires afin d'assembler l'ensemble des équipements sur place.

La fourniture et l'installation des armoires de contrôle commande sont à la charge du présent lot.

Les essais et la mise en service seront réalisés à la fin du projet, lorsque l'ensemble du matériel électrique sera mis en place.

#### LOT 3 : Ferronnerie et vantellerie

Les grilles, vannes et autres éléments de ferronnerie seront posés en même temps sur tous les ouvrages (fin de chantier).

#### LOT 4 : Fourniture de la conduite forcée

Les éléments de la conduite forcée seront acheminés au fur et à mesure des besoins. L'approvisionnement sera effectué depuis les axes carrossables existants et/ou par héliportage.

#### LOT 5 : Électricité et automatisme

Ce lot comprend l'ensemble des équipements électriques permettant le fonctionnement de la centrale hydroélectrique. Ceci comprend notamment :

- Les cellules hautes tension 20 kV permettant de se raccorder sur le réseau ;
- Le transformateur de puissance ;
- Le transformateur des auxiliaires ;
- Les armoires de puissance ;
- Les utilitaires (éclairage, prises électriques ...)



## 5.2. Exploitation de la centrale hydroélectrique, moyens de suivi et de surveillance

### 5.2.1 Généralités

L'installation hydroélectrique sera pilotée par l'automate, bénéficiant des informations collectées par les différentes sondes. Il réglera l'entrée d'eau dans la turbine en fonction du débit disponible dans le torrent à la prise d'eau. Cette valeur sera connue en temps réel grâce à la sonde de niveau implantée à l'extrémité de la chambre de dessablage.

L'automate détectera les anomalies (d'ordre électrique, d'ordre mécanique ou d'ordre hydraulique, etc.), et permettra d'identifier les problématiques qui demandent une intervention de maintenance (régulière ou occasionnelle) ou les défauts qui touchent le fonctionnement en toute sécurité de la centrale. Dans ce dernier cas, les alarmes engendreront un arrêt direct de celle-ci.

L'équipe d'exploitation recevra les alarmes directement sur leur smartphone ou leur ordinateur afin de réagir dans les meilleurs délais. Le suivi sera assuré 24h/24 et 7 jours sur 7.

Un gardien (personne locale qui s'occupera d'une ou plusieurs centrales pour les investisseurs) réalisera une visite régulière du site, l'entretien des ouvrages, ainsi que les premières opérations de maintenance. Il s'assurera également de la bonne restitution du débit réservé et du respect du règlement d'eau. Il pourra réaliser l'ouverture de la vanne de dessablage du dégraveur lorsque les conditions nécessaires seront réunies. Une fiche de suivi sera complétée pour chaque intervention permettant de confirmer la vérification des points de contrôle de la centrale (prise d'eau, dégraveur conduite forcée et usine) permettant de s'assurer du bon fonctionnement de la centrale en toute sécurité. Il sera en contact permanent avec l'équipe d'exploitation et de maintenance.

L'équipe d'exploitation planifie également les visites techniques annuelles de maintenance préventive (contrôle des installations électriques, contrôle vibratoire, analyse d'huile ...) et elle réalise aussi toutes les démarches administratives liées à l'exploitation de l'usine.

Une interface graphique, visible depuis internet permet le contrôle et le fonctionnement à distance de la centrale.

Une série de caméras sera positionnée pour assurer un suivi visuel (autre que les visites régulières) au niveau de la prise d'eau et de la centrale et différents capteurs sont implantés sur les éléments clés pour assurer un suivi permanent.

### 5.2.2 Prise d'eau et dégraveur

La prise d'eau étant par « en dessous », donc sans retenue, aucun risque lié à un défaut de génie civil n'est à craindre : d'ailleurs, les prises ne sont pas classées au titre de la sécurité des ouvrages hydrauliques (article R.214-112 du Code de l'Environnement). La prise d'eau est exposée aux crues et à cette altitude, aux avalanches. Par leur nature, sans stockage d'eau, ces phénomènes ne sont pas aggravés par l'implantation des prises d'eau. Leur effet agit en « transparence ».

Le dégraveur sera vérifié très régulièrement pour connaître son taux de remplissage en sédiments piégés et s'assurer que les vidanges pour le curer soient réalisées à temps pour éviter tout risque d'entraînement de sédiments solides dans la conduite forcée.

### 5.2.3 Conduite forcée

La conduite forcée sera enterrée sur la presque totalité de son parcours et sera donc par nature assez sécurisante. Toute fuite susceptible de produire des « renards hydrauliques » sera facilement décelée et donc rapidement réparée. Un glissement de terrain pourrait entraîner la rupture franche de la conduite et l'écoulement des eaux, mais les études géotechniques préalables permettent de prévenir ces risques en contournant ces zones ou en aménageant des dispositifs lorsque la zone ne peut être contournée.

La rupture de la conduite forcée entraînera un écoulement maximal de **quelques centaines de m<sup>3</sup>** mais toute fuite majeure sera détectée directement par une vanne de survitesse en tête de conduite forcée qui isolera la conduite forcée en coupant le débit vers l'aval.

La dérivation des eaux au niveau des prises d'eau sera donc immédiatement restituée au milieu naturel au niveau du trop-plein de l'évacuateur et par surverse au droit de la prise d'eau.

### 5.2.4 Centrale

Le projet sur Modane est situé à la limite d'un PPR (**chapitre 3.1.2**) dont les préconisations peuvent être prises en compte suivant le besoin. La centrale sera bien entendu implantée de sorte à ne pas subir de dommages consécutifs aux crues : le bâtiment sera protégé au maximum, les ouvertures ne seront pas présentes sur les murs exposés aux crues et les éléments électromécaniques seront placés à une hauteur suffisante pour éviter tout dommage.

En ce qui concerne l'électricité, la centrale possédera l'appareillage classique contre les incidents liés à cette activité en déclenchant un arrêt et une intervention en cas de dépassement des normes préétablies d'intensité, de tension ou de température (visite obligatoire d'un organisme d'un contrôle).

### 5.2.5 Sécurité a l'aval des ouvrages

Elle concerne principalement les démarrages et arrêts de la centrale, les périodes de hautes eaux et les chasses de dégravage.

#### 5.2.5.1 Démarrage

Le fonctionnement de la centrale entraine une variation progressive du niveau des eaux de chaque prise d'eau. En effet, compte tenu du type de turbine installée (Pelton), le démarrage de la centrale s'effectuera par paliers durant une période d'une vingtaine de minutes environ avant d'atteindre le débit maximal turbinable. Les risques vis-à-vis de l'aval sont donc modérés, à la fois par la faible intensité (variation maximale équivalente au débit d'équipement) et par la durée sur laquelle s'effectue cette variation.

#### 5.2.5.2 Arrêt

En mode manuel ou dans le cas d'un déclenchement ou lors de l'arrêt de la centrale, le débit sera restitué au niveau de chaque prise d'eau. L'installation d'une turbine Pelton, permet de ne pas créer de coup de bélier sur les installations, même en cas de découplage instantané, car le débit est dérivé via un système de déflecteur pour permettre une fermeture lente de la vanne de pied.

Le déversement se produira quelques minutes après l'arrêt de la centrale et les eaux rejoindront alors les cours d'eau.

Sur le cours d'eau, la variation de débit sera au maximum de 185 l/s, ce qui implique un impact minime compte tenu de la largeur du cours d'eau et de sa morphologie.

Du fait d'un temps de transfert dans le cours d'eau supérieur à la durée d'enclenchement, la remise en fonctionnement de la centrale pourra conduire à cumuler, dans le lit de la rivière à l'aval de la centrale, le débit turbiné (au maximum 185 l/s), aux débits déversés aux prises d'eau suite au précédent déclenchement (max 185 l/s). Ce phénomène sera transitoire et amoindri par une remise en service progressive de l'aménagement. En outre, ce sur-débit maximum de 185 l/s dans le tronçon du torrent en aval de la restitution est largement acceptable par le profil du cours d'eau, sans augmentation importante des vitesses d'écoulement ou du niveau d'eau.

#### 5.2.5.3 Hautes eaux ou autres événements exceptionnels

Le bassin versant du Saint-Antoine ne comporte pas de dispositifs fixes permettant d'anticiper l'arrivée des crues. La faible surface du bassin versant et les fortes pentes entraînent une réponse aux intempéries très rapide. La prise d'eau et son seuil présentent une transparence hydraulique importante et ces dispositifs n'aggraveront pas ces phénomènes. En outre, la présence d'un seuil peut jouer un rôle dans la réduction des impacts d'une crue ou d'une avalanche.

Lors des épisodes de hautes eaux, l'équipe d'exploitation est avertie par l'automate dès que le niveau dépasse la cote de « crue » fixée lors de la mise en service. A ce dépassement, un état de veille est enclenché qui doit être couplée aux conditions météorologiques prévues.

Tous ces dispositifs mis en place permettent également de réagir préventivement en cas de sinistres annoncés ou *a posteriori* lors des événements exceptionnels (laves torrentielles, avalanches, dommages, etc.).

Lors de la montée des eaux, dès le dépassement du seuil critique, la centrale est mise en sécurité. La vanne de dessablage est activée uniquement sous contrôle humain en dehors des événements exceptionnels.

Les contrôles de sécurité sont ensuite opérés avant de remettre en service la centrale.

En période de hautes eaux, il y a déversement naturel aux prises d'eau dès saturation des capacités de dérivation de l'aménagement.

Les débits seront évacués par surverse au niveau de la prise d'eau. Compte tenu de la nature de la prise, aucune aggravation du risque n'est prévisible.

#### 5.2.5.4 Manœuvres de dégravage

Les chasses de dégravage ne seront réalisées que durant les périodes où les débits naturels seront suffisants. Des capteurs immergés dans le bassin dessableur et les bassins des prises d'eau, permettront d'avertir le technicien d'exploitation. L'ouverture de la vanne de chasse sera très progressive pour empêcher toute formation d'une onde de crue vers l'aval.

Compte tenu de l'absence de capacité de stockage en amont de la prise d'eau, les variations de débit qui découleront de ces opérations sont nulles.

### 5.2.6 Sécurité des tiers

#### 5.2.6.1 Protection contre le risque de chute

Les possibilités d'intrusion de personnes étrangères à l'exploitation dans les ouvrages et bâtiments qui constitueront l'aménagement hydroélectrique seront réduites, du fait que les entrées (portes) seront fermées au moyen de clés de sécurité.

Le site de la prise d'eau ainsi que le bassin de dégrèvement seront isolés par une clôture le cas échéant et enterrés le plus possible pour éviter les risques d'intrusion.

Une signalisation par des panneaux affichés au niveau des ouvrages paraissant les plus accessibles complètera le dispositif anti-intrusion.



#### *5.2.6.2 Protection des abords du cours d'eau*

Les risques qui peuvent être considérés comme des conséquences de l'existence de l'aménagement sont limités à la fréquentation du cours d'eau dans le tronçon court-circuité. Les variations d'eau maximale dans le tronçon court-circuité lors des chasses de nettoyage des prises d'eau et du dessableur et lors d'un déclenchement de l'aménagement sont faibles. Le gabarit du cours d'eau permet de s'affranchir d'un risque important en limitant l'augmentation de la hauteur d'eau et sa vitesse.

Dans la mesure où les débits en cause resteront dans l'ordre de grandeur des débits naturels, l'écart de telles situations par rapport aux conditions naturelles (notamment pour les opérations de nettoyages ayant lieu en périodes de hautes eaux) restera faible et ne peut être considéré comme créant un risque majeur.

Une signalisation par des panneaux aux points paraissant les plus accessibles des rives pourra être mise en œuvre.

## 6 Annexes

Annexe 1	Plans des éléments de la centrale
----------	-----------------------------------