



Projet de microcentrale hydroélectrique du Grand Arc

Commune de Randens / Bonvillaret (73)

Présentation du projet



| | |
|--|----|
| Sommaire | 1 |
| 1. Présentation du porteur du projet | 3 |
| 2. Présentation du projet | 7 |
| 2.1 Présentation des torrents..... | 7 |
| 2.2 Configuration générale du projet..... | 8 |
| 2.3 Prises d’eaux..... | 11 |
| 2.3.1 Bon Nant..... | 11 |
| 2.3.2 Nant Clair..... | 14 |
| 2.3.3 Nant Brun | 16 |
| 2.4 Conduite forcée..... | 22 |
| 2.5 Centrale | 30 |
| 2.6 Choix du débit d’équipement et évaluation de la production énergétique | 33 |
| 2.7 Conditions de remise en état du site | 37 |
| 2.8 Planning de réalisation | 38 |
| 2.9 Durée prévue de fonctionnement..... | 38 |
| 3. Enjeux et impact du projet | 38 |
| 3.1 Enjeux bibliographique – zones d’inventaires..... | 38 |
| 3.2 Impact du projet en phase chantier | 39 |
| 3.2.1 Déroulement du chantier | 39 |
| 3.2.2 Impact sur la ressource en eaux..... | 40 |
| 3.2.3 Impact sur le milieu naturel | 40 |
| 3.2.4 Incidences sur le milieu humain..... | 41 |
| 3.3 Impact du projet en phase exploitation..... | 41 |
| 3.3.1 Impact sur la ressource en eaux et le milieu aquatique..... | 41 |
| 3.3.2 Incidence sur le milieu naturel | 41 |
| 3.3.3 Incidences sur le milieu humain..... | 41 |
| 4. Mesures d’évitement, de réduction et de compensation..... | 42 |



1. Présentation du porteur du projet

La société Forces Motrices du Gelon (FMG) basée en Savoie (73) développe et exploite des centrales d'énergies renouvelables sur le territoire français. Historiquement associée à l'hydroélectricité, elle a développé son savoir-faire dans cette industrie depuis plus de 60 ans. Aujourd'hui, l'entreprise est toujours familiale et gérée par la même famille, la famille Convert. Depuis plusieurs années, voyant des similitudes entre le développement de projets hydroélectriques et photovoltaïques, elle s'est orientée vers ce domaine.

Nous précisons que Forces Motrices du Gelon développe de nouveaux projets pour son propre compte et dans un seul but d'exploiter ses projets. Contrairement à d'autres sociétés, elle n'envisage pas de vendre les projets une fois l'autorisation obtenue.

Forces Motrices du Gelon exploite 9 centrales hydroélectriques soit 11 MW installés pour une production moyenne annuelle de 33 000 MWh. La production de nos centrales hydroélectriques alimente en électricité 20 000 personnes, tous besoins confondus.

Les centrales hydroélectriques sont réparties sur les départements de l'Isère, Savoie et l'Ain.

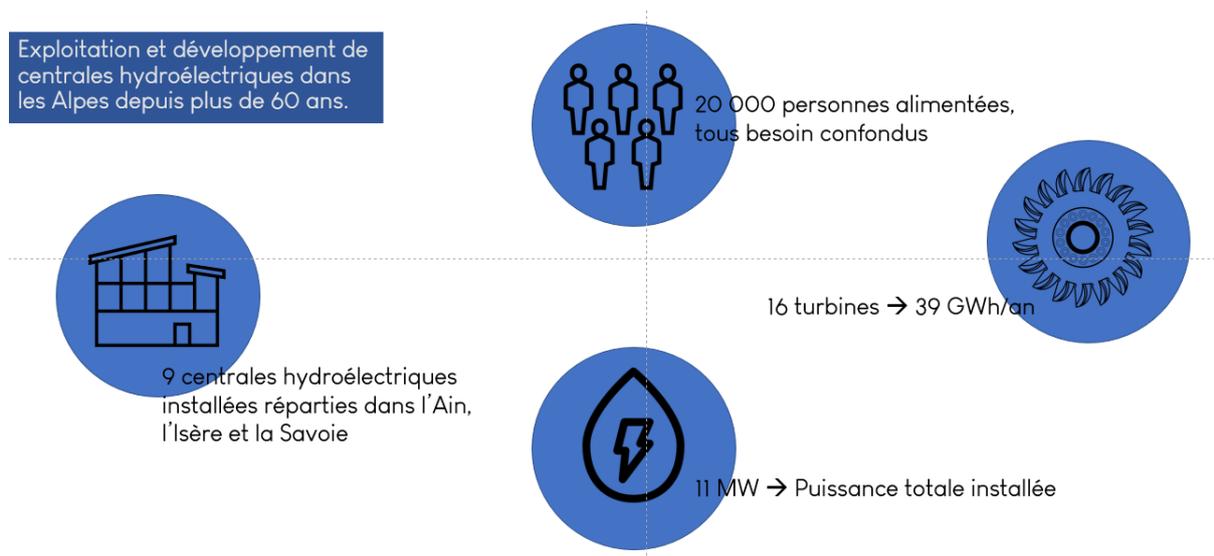


Figure 1 Présentation de FMG

En images, quelques centrales que nous exploitons :

La centrale de Vieu-Artemare dans l'Ain (01) exploite le torrent du Groin. Elle abrite deux turbines Francis et développe une puissance de 4 500 kW. La réflexion sur la mise en œuvre d'une centrale hydroélectrique sur le cours d'eau du Groin par les Forces Motrices du Gelon remonte au début des années 1980.

Après de nombreuses démarches, la centrale de Vieu-Artemare est en fonctionnement depuis fin 2006.

Cette centrale développe une puissance de 4,5 MW et permet de produire environ 11,4 GWh chaque année, soit l'équivalent de la consommation d'environ 3 000 ménages.



Figure 3 Prise d'eau de la centrale d'Artemare



Figure 2 Turbine de la centrale d'Artemare



Figure 4 Centrale d'Artemare



Figure 5 Conduite forcée d'Artemare

En 2021, nous avons inauguré une nouvelle centrale sur la commune de Notre-Dame-des-Millières en Savoie (73). Elle exploite les torrents de Fontaine Claire et de la Combe. Elle est équipée d'une turbine Pelton et développe une puissance de 1 MW.

La centrale hydroélectrique de Notre-Dame-des-Millières est la dernière réalisation du groupe Forces Motrices du Gelon. Ses 934 m de chute la place parmi les plus hautes chutes de France, et même la plus haute chute des producteurs autonomes français. Le faible débit est ainsi compensé par une pression très importante.

Cette centrale s'inscrit dans la lignée des installations récemment réalisées dans les Alpes. Elle est pourvue des équipements les plus modernes, fruits de l'expérience et des dernières avancées technologiques. Les grilles Coanda qui équipent chacune des deux prises d'eau reflètent cette volonté d'adopter le meilleur de l'innovation, au service d'une exploitation plus pertinente du cours d'eau mais aussi d'un respect toujours plus grand de l'environnement.

La centrale hydroélectrique de Notre-Dame-des-Millières produit environ 4,6 GWh par an.

Cette production équivaut à la consommation domestique de 1 000 ménages.



Figure 6 Centrale de Notre-Dame-des-Millières



Figure 7 Prise d'eau de Notre-Dame-des-Millières

Le projet de création d'une nouvelle centrale hydroélectrique présenté sur ce rapport se rapproche par sa conception de celui de Notre-Dame-des-Millières.

2. Présentation du projet

Le projet de nouvelle microcentrale hydroélectrique consiste à équiper les torrents du Bon Nant, Nant Clair et du Nant Brun sur les communes de Bonvillaret et de Val d'Arc, en Savoie.

Le projet a été initié il y a environ 2 ans par Forces Motrices du Gelon (FMG). Il a été mené un long travail de concertation et d'obtention des autorisations foncières avec les propriétaires, les communes et l'ONF. Val d'Arc et Bonvillaret ont délibérés favorablement au projet. Ensuite plusieurs journées de repérage du tracé de la conduite et de l'implantation des ouvrages ont permis de définir la viabilité du projet.

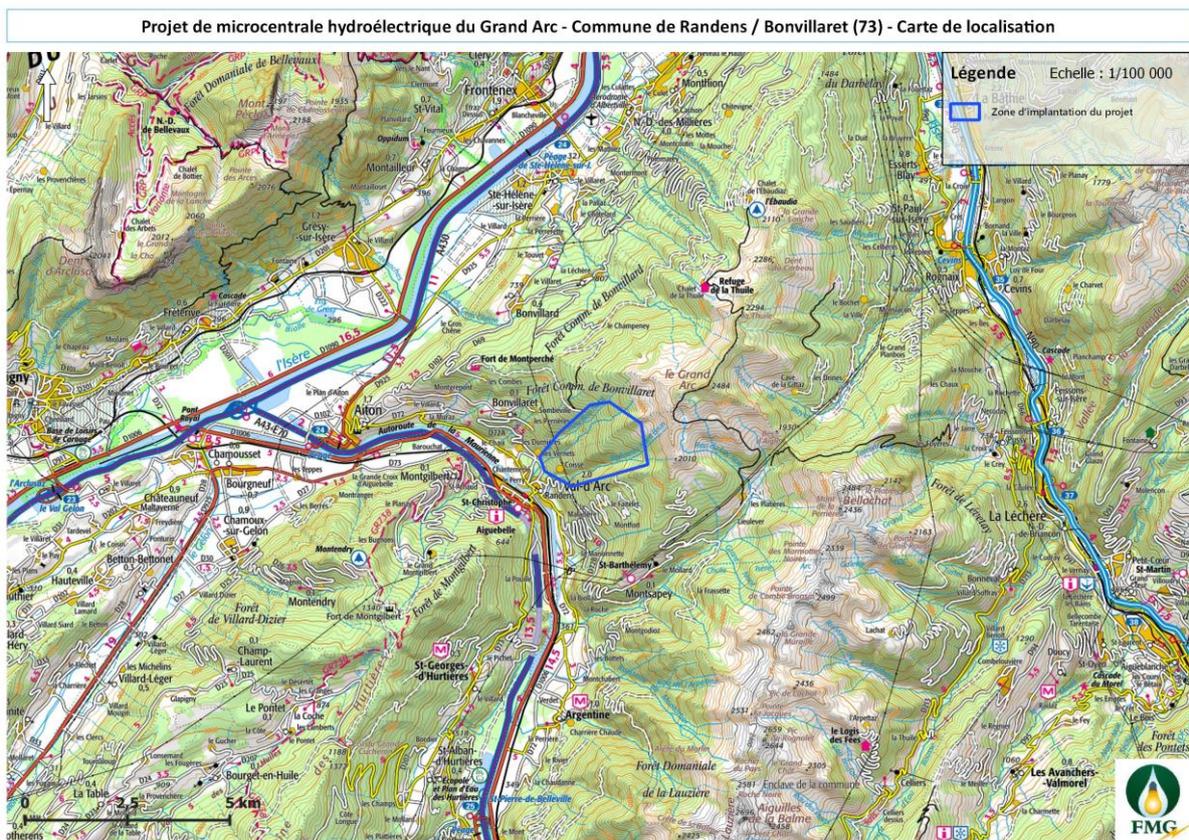


Figure 8 Carte de localisation du projet

2.1 Présentation des torrents

Le Bon Nant est un torrent de montagne d'une longueur de 4,67 km. Il prend sa source sur les contreforts du Petit Arc, à une altitude d'environ 1850 m pour se jeter dans le Nant Clair, au lieu-dit Côte Baril, à 550 m d'altitude.

Le Nant Clair, d'une longueur de 5,67 km, prend sa source à environ 1800m sur les pentes du Grand Arc pour se jette dans l'Arc à 320 m.

Enfin le Nant Brun, d'une longueur de 4 km, prend sa source au Char de la Turche à 2010m et se jette dans l'Arc à 320m d'altitude.

Le bassin versant cumulé des trois torrents est d'environ 4 km².

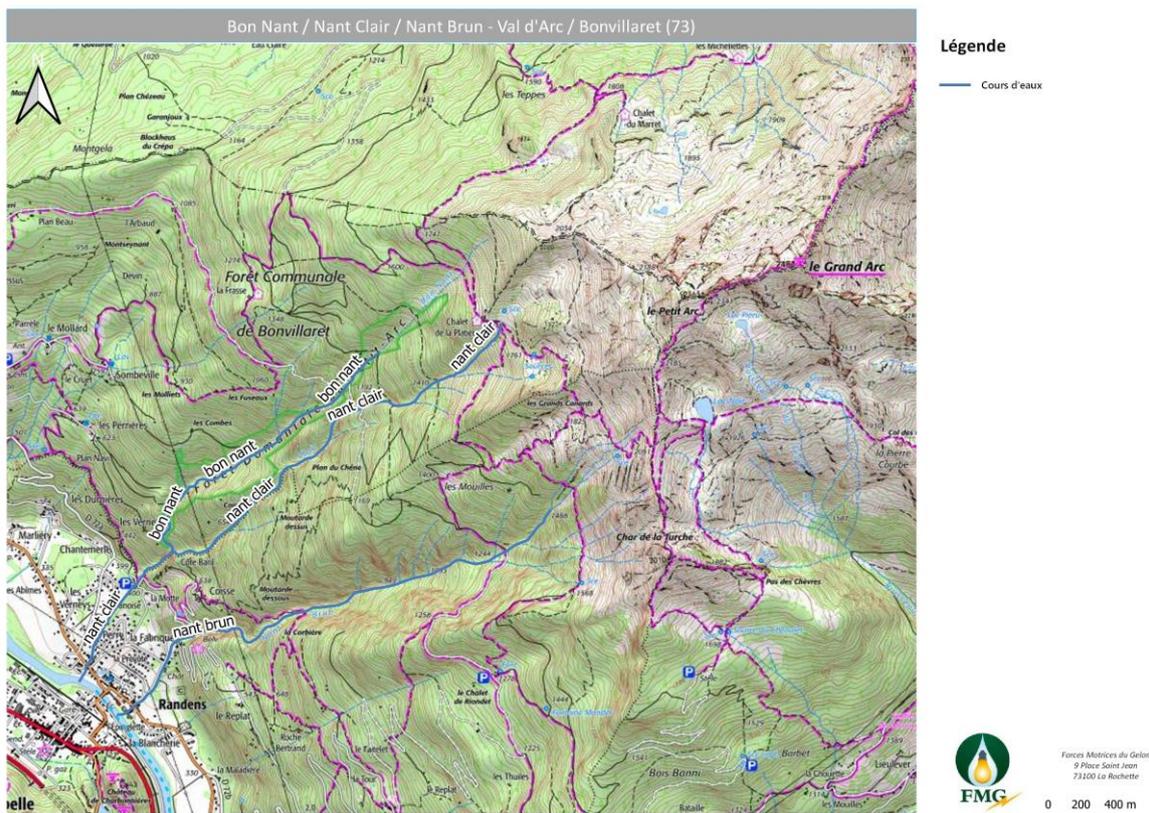


Figure 9 Carte de localisation des cours d'eau

2.2 Configuration générale du projet

| Cours d'eau | Bon Nant | Nant Clair | Nant Brun Ouest | Nant Brun Est | Nant Brun Centre |
|--|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Bassin versant | 0,53 km ² | 1,06 km ² | 0,31 km ² | 0,49 km ² | 0,26 km ² |
| Module au droit de la prise d'eau | 21,5 l/s | 43 l/s | 12,57 l/s | 10,54 l/s | 19,87 l/s |
| Altitude prise d'eau | 1350 m | 1325 m | 1350 m | 1325 m | 1350 m |
| Altitude Y | 1150 m | | | | |
| Altitude centrale | 462 m | | | | |
| Chute brute | 863 m | | | | |
| Chute nette | 850 m | | | | |
| Longueur conduite forcée | 3 967 m + 633 m de conduite de restitution | | | | |
| Diamètre CF | Au maximum 400 mm | | | | |

| | |
|---------------------------------|----------|
| Débit équipement | 146 l/s |
| Puissance injectée | 999 kW |
| Puissance maximale brute | 1265 kW |
| Puissance brute utile | 1232 kW |
| Productible | 3,75 GWh |
| Débit réservé | 12 l/s |

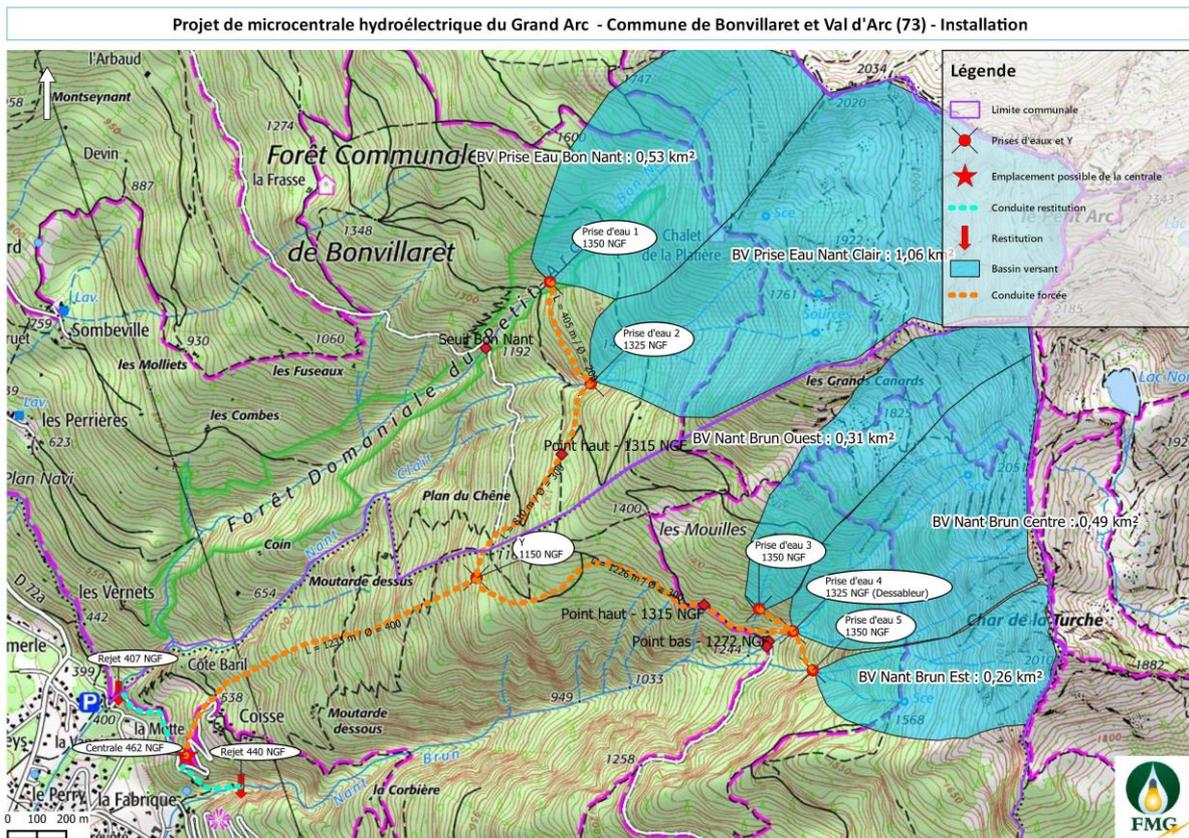


Figure 10 Configuration générale du projet

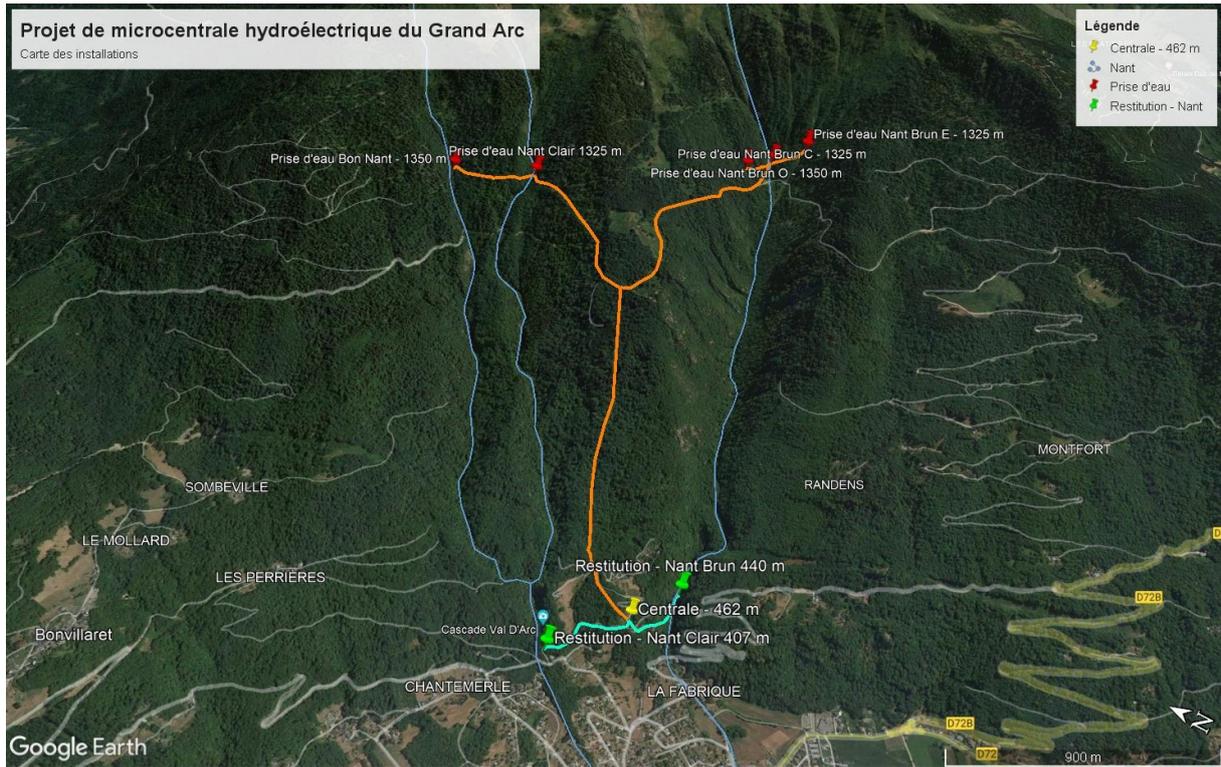


Figure 11 Carte de localisation des installations - Google Earth

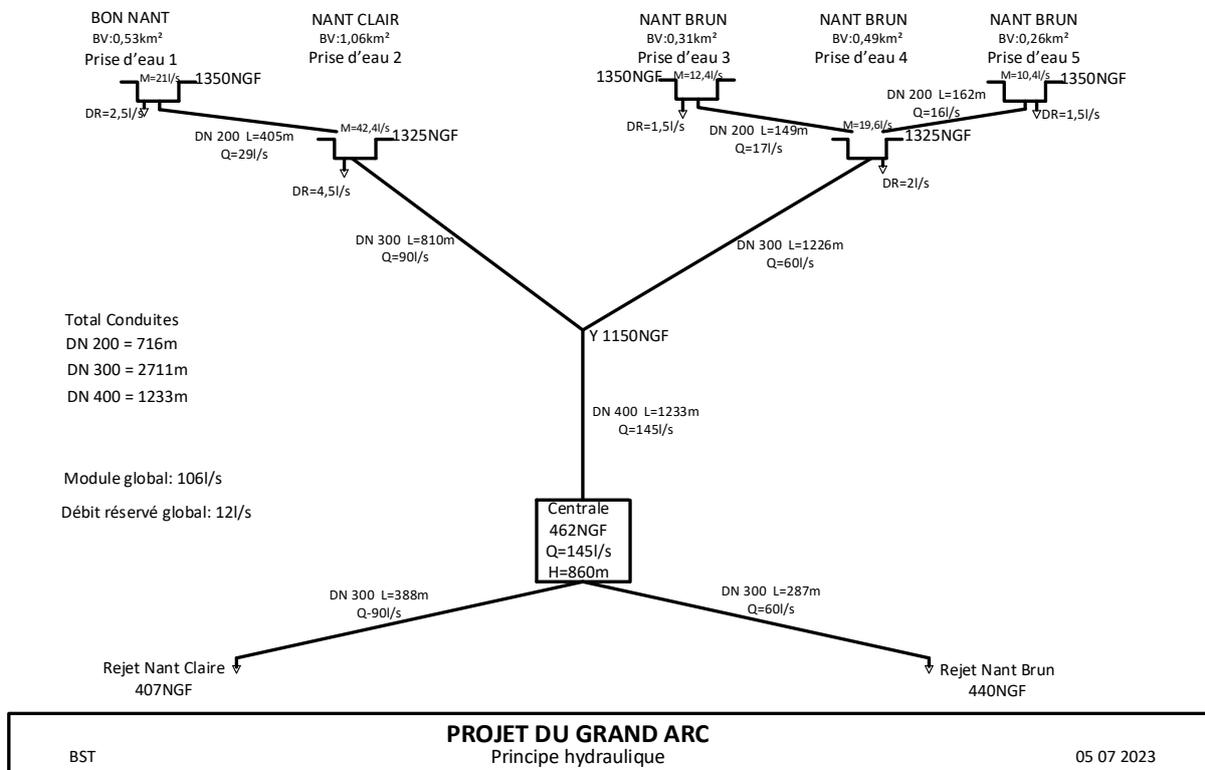


Figure 12 Principe hydraulique

2.3 Prises d'eaux

L'objectif est d'installer cinq prises d'eaux sur les différents torrents. Le projet se veut novateur. Il n'était pas envisageable pour des raisons économiques de réaliser une centrale hydroélectrique avec la dérivation d'un seul cours d'eau. Nous avons réfléchi à une conception différente du projet. Les différents cours d'eaux n'étant pas trop éloignés entre eux, il apparaît possible la réalisation d'une microcentrale hydroélectrique en implantant 5 prises d'eaux.

2.3.1 Bon Nant

La localisation de la prise d'eau du Bon Nant s'est basée sur de multiples critères (hauteur de chute, emplacement sécurisé, impact environnemental et facilité d'accès). Trois emplacements ont été étudiés.

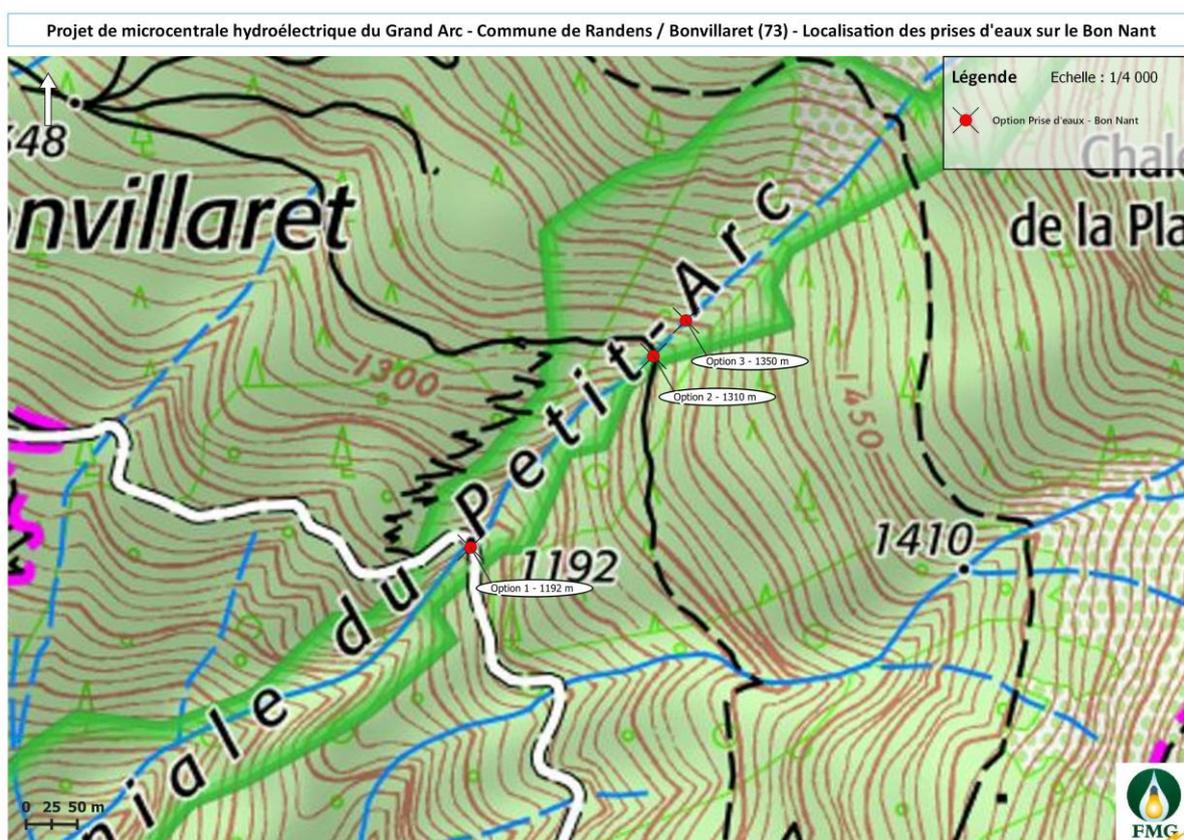


Figure 13 Localisation des emplacements possibles des prises d'eaux sur le Bon Nant

Option 1 :

- Avantage :
 - Facilité d'accès – piste forestière ONF existante
- Inconvénient :
 - Hauteur de chute plus faible ;
 - Impossibilité technique pour la conduite forcée, la piste remonte et ne permet pas d'acheminer l'eau plus en aval.

Option 2 :

- Avantage :

- Accès relativement aisé par une piste forestière existante nécessitant des travaux de rénovation
- Hauteur de chute
- Inconvénient :
 - Impossibilité technique pour la conduite forcée, la piste remonte et ne permet pas d'acheminer l'eau plus en aval.



Figure 14 Emplacement - option 2 prise d'eau

Option 3 :

L'option 3 permet d'implanter la prise d'eau suffisamment haut pour que l'eau puisse descendre gravitairement dans la conduite. Cet emplacement nécessite la création d'une piste d'accès qui permettra d'améliorer la desserte dans le secteur pour l'ONF et la commune.



Figure 15 Emplacement envisagé de la prise d'eau sur le Bon Nant



Figure 16 Emplacement envisagé de la prise d'eau sur le Bon Nant

2.3.2 Nant Clair

Concernant le Nant Clair, les mêmes problématiques d'installation de la prise d'eau se sont posées comme celle sur le Bon Nant.

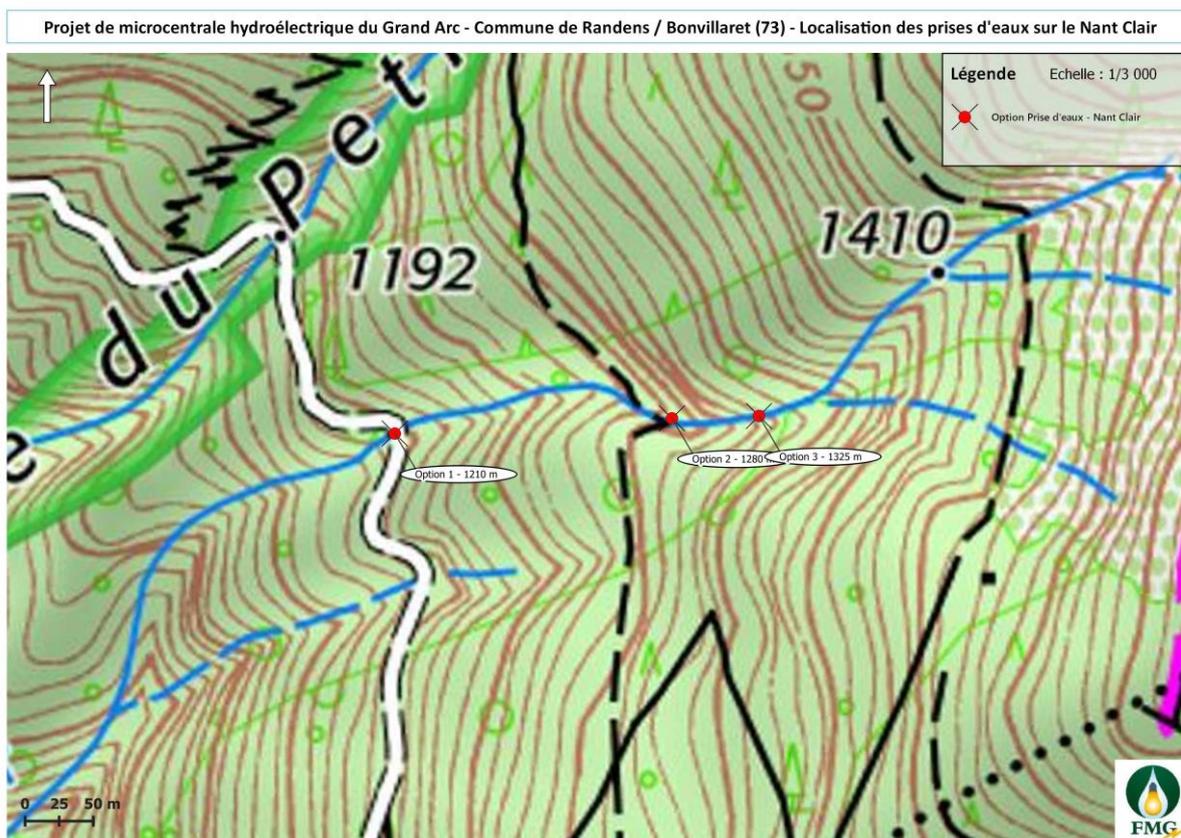


Figure 17 Carte des options de localisation des prises d'eaux sur le Nant Clair

Il a fallu privilégier l'option la plus haute pour des raisons techniques topographiques et de gain de chute. Le choix de l'option 3 nécessite la poursuite de la création de la piste jusqu'à rejoindre celle existante.



Figure 18 Emplacement de la prise d'eau sur le Nant Clair

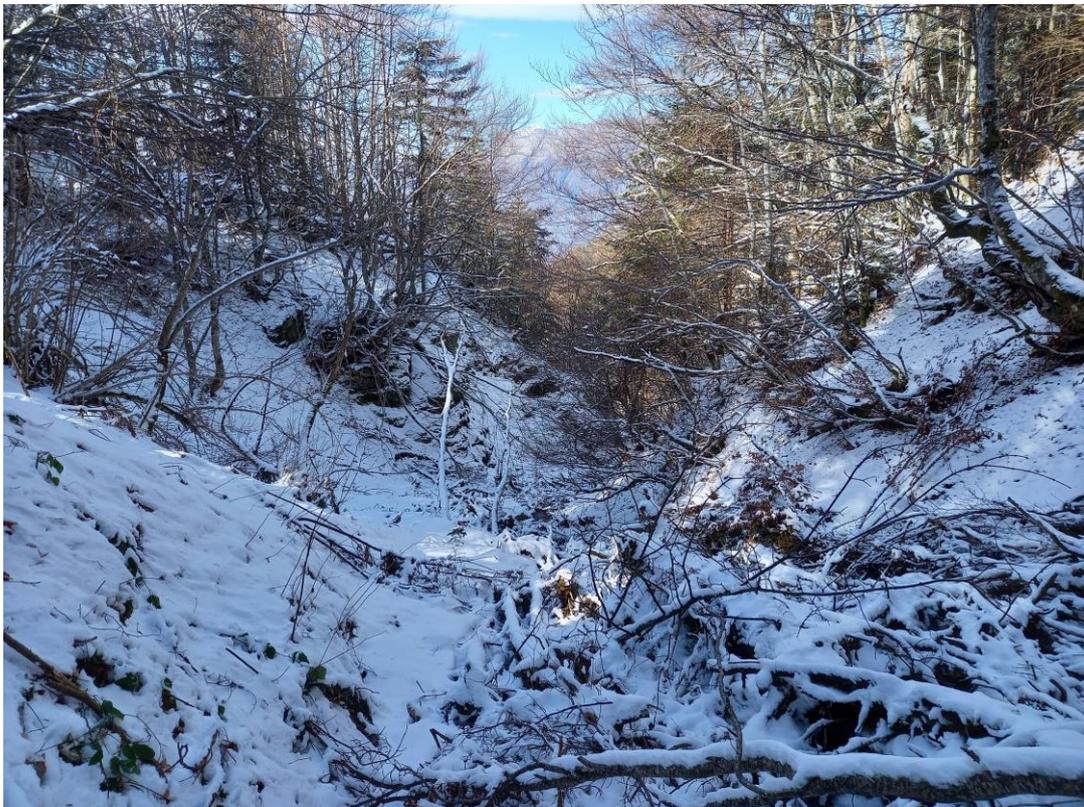


Figure 19 Emplacement de la prise d'eau sur le Nant Clair

2.3.3 Nant Brun

Le Nant Brun se divise en trois affluents au niveau de la côte 1244 m. Il n'est pas possible de placer la prise d'eau à cet emplacement, car le tracé de la conduite pour joindre le Y aurait traversé une zone très abrupte qui n'aurait pas permis l'installation de celle-ci.

Implanter les prises d'eaux sur la piste existante ne permettrait pas le passage de la conduite dû à la présence d'un point haut plus en aval. Il a donc fallu légèrement positionner les prises d'eaux plus en amont afin de passer « la bosse ». Il est prévu l'installation d'une prise d'eau principale sur le Nant Brun Centre à 1325 m équipée d'un dessableur et de deux prises d'eaux plus petites positionné sur les affluents Ouest et Est plus en amont. Les ouvrages projetés nécessiteront le prolongement de la piste sur quelques dizaines de mètres.

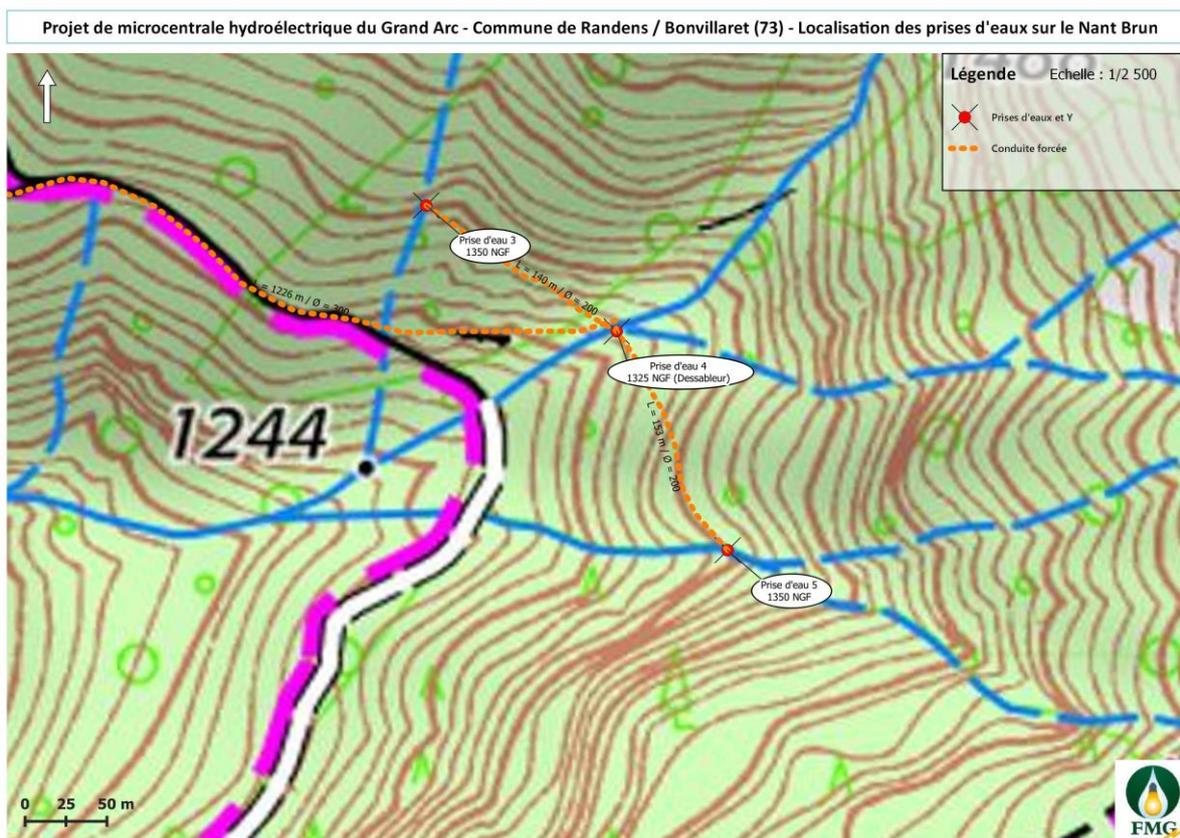


Figure 20 Localisation des prises d'eaux sur le Nant Brun



Figure 21 Prise d'eau sur le Nant Brun Centre



Figure 22 Prise d'eau sur le Nant Brun Centre



Figure 23 Prise d'eau sur le Nant Brun Ouest

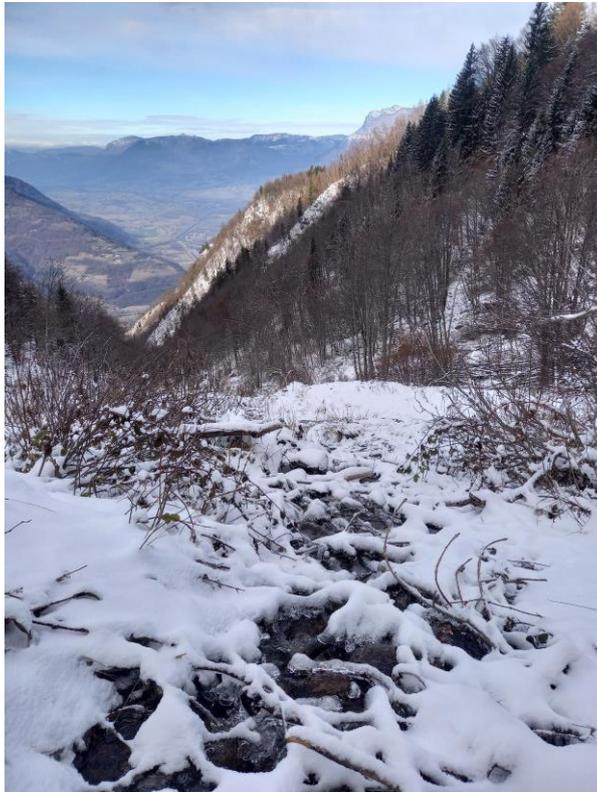


Figure 24 Prise d'eau sur le Nant Brun Ouest



Figure 25 Prise d'eau sur le Nant Brun Est



Figure 26 Prise d'eau sur le Nant Brun Est



On dispose de deux types de prises d'eau

- Deux prises d'eau principales dont sont issue les branches qui alimentent la conduite desservant la centrale (Prise d'eau sur le Nant Clair et prise d'eau sur le Nant Brun centre) ;
- Trois prises d'eau secondaires (Celle sur le Nant Brun qui s'écoulent gravitairement vers le Nant Claire, celles situées sur les branches est et ouest du Nant Brun qui s'écoulent gravitairement vers le Nant Brun centre.

Chaque prise d'eau principale sera composée de :

- Un seuil déversant
- Un seuil de référence situé dans une échancrure d'alimentation de la grille de prise d'eau
- Une chambre de mise en charge de la conduite située sous la grille

La chambre de mise en charge de la conduite sera divisée en 3 parties :

- Une partie directement alimentée par la grille de prise d'eau et faisant office de dessableur. Cette partie est équipée d'une vanne de chasse et d'un orifice de débit réservé ;
La vanne de chasse permet d'éliminer les dépôts de sédiments ;
L'orifice de débit réservé est ajustable et facilement contrôlable ;
- Une partie alimentation conduite et mesure de niveau. Cette partie est séparée du dessableur par un seuil qui maintient dans celui-ci le niveau nécessaire au débit réservé ;
- Une partie vanne de tête et reniflard. Cette partie est hors d'eau ;

La vanne de tête est un organe de sécurité ;

Elle permet d'isoler la conduite de la prise d'eau.

Elle se ferme automatiquement sans apport d'énergie en cas de défaut grave sur la conduite ou à l'usine.

La chambre de mise en charge pourra être dans la continuité de la grille de prise d'eau ou pourra être sous la grille et selon la configuration du terrain, une partie intégrée à la berge.

Un batardeau sera aménagé dans le seuil déversant. Il permettra la mise à sec de la prise d'eau à sec en cas de travaux.

Les prises d'eau secondaires seront plus sommaires. Elles disposeront de :

- Un seuil déversant ;
- Un seuil de référence situé dans une échancrure d'alimentation de la grille de prise d'eau ;
- Une chambre de mise en charge de la conduite située sous la grille ;
- Un orifice de débit réservé ajustable et contrôlable.



Les prises d'eau ont été positionnées de manière à :

- Être située à une altitude voisine ;
- Permettre l'acheminement gravitaires entre prises d'eau ;
- Limiter les longueurs de conduite.

Pour ce faire les prises d'eau ont été installées dans la mesure du possible le plus près de pistes existantes.

Caractéristiques des grilles :

- Type : par "en dessous"
- Pré-grille à barreaux (espacement entre 5 et 10 cm)
- Grilles type Coanda.
- Maille de la grille : 1 mm
- Surface de chaque grille : > 1 m²

Les grilles Coanda comportent plusieurs avantages par rapport à la dévalaison et à la facilité du maintien du débit réservé.

En résumé, les prises de type par en-dessous ne crée pas de retenues, ne modifient pas le profit naturel de la rivière. Les ouvrages sont très réduits et représentent un faible volume. Ils sont insensibles aux embâcles, aux avalanches et aux crues. Chaque élément des ouvrages est positionné en fonction des profils topographiques. La chambre de mise en charge contigüe à la prise d'eau est intégralement enfouie. Les rives sont protégées par des enrochements de matériaux locaux. Les vannes sont également enfouies, une trappe d'accès permet de faire des visites de maintenance. Sur le plan visuel, hormis le seuil de prise visible à bas débit, aucune autre partie n'est visible.

Un seuil calibré muni d'une échelle limnométrique sera installé en aval de chaque prise d'eau pour permettre un contrôle du débit réservé.

Nous précisons également que les prises d'eaux :

- N'entrent pas dans la catégorie des ouvrages classés (hauteur au-dessus du TN < à 2m)
- Un arrêt intempestif de l'installation ne provoque aucun danger dans le lit du cours d'eau compte tenu des débits en jeu.



Figure 27 Exemple d'aménagement de la prise d'eau

2.4 Conduite forcée

Le projet nécessite l'installation de 4 600 m de conduite (3 967 m de conduite forcée + 633 m de conduite de restitution) répartis de la façon suivante :

- Tronçon n°1 : 405 m entre la prise d'eau du Bon Nant et celle du Nant Clair avec un diamètre 200mm. La conduite sera intégralement enterrée sous la piste qui sera créée pour le projet ;
- Tronçon n°2 : 140 m entre la prise d'eau du Nant Brun Ouest et celle du Nant Brun Centre avec un diamètre 200mm. Conduite intégralement enterrée ;
- Tronçon n°2 bis : 153 m entre la prise d'eau du Nant Brun Est et du Nant Brun Centre avec un diamètre 200mm. Conduite intégralement enterrée ;
- Tronçon n°3 : 1 226 m entre la prise d'eau du Nant Brun Centre et le Y. La conduite empruntera majoritairement une piste existante et sera enterrée. Le diamètre de la conduite est de 300 mm ;
- Tronçon n°3 bis : 810 m entre la prise d'eau du Nant Clair et le Y. La conduite passera sous la piste existante sur environ 392 m de longueur. 222 m de conduite passeront sous la création



de la nouvelle piste menant à la prise d'eau. Les 196 m restant seront enterrés à travers la pente. Le diamètre de la conduite est de 300mm.

- Tronçon n°4 : 1 233 m entre le Y et la centrale. Il existe sur le cadastre la présence d'anciens couloirs de bois. Ces couloirs à la topographie typique d'un vallon sur le versant servaient dans le temps au transport du bois. En effet, le versant était habité et les terres cultivées. Les bois étaient situés plus haut qu'actuellement et ils utilisaient le couloir pour débarder les bois coupés. Le couloir n'est plus utilisé. La topographie du lieu est idéale pour implanter la conduite, qui sera faiblement enterrée mais invisible à l'œil nu. Le diamètre est de 400mm. A la fin du couloir, la conduite rejoindra la route en souterrain jusqu'à l'emplacement de la centrale ;
- Tronçon n°5 : 344 m de conduite de restitution de la centrale jusqu'au Nant Clair intégralement enterrée et sous la route menant au lieu-dit Coisse. Sur cette portion, aucuns arbres ne seront coupés. Le diamètre de la conduite est de 200mm.
- Tronçon n°5 bis : 289 m de conduite de restitution de la centrale jusqu'au Nant Brun. 116 m de cette portion seront enterrés sous un chemin existant menant à une habitation. Le restant de la conduite sera probablement en aérien. Après la maison, le terrain « plonge » dans le Nant Brun avec un très fort dénivelé.

Concernant la restitution, les eaux captés seront restituées par deux conduites forcées, une dans le Nant Brun et une dans le Nant Clair répartis au pro rata des débits captés. Cette solution permet aux torrents de récupérer, chacun, leurs débits initiaux.

Le tracé de la conduite forcée sera également adapté afin de réduire à son minimum le nombre d'arbres abattus, en particulier les arbres à cavités et les arbres de très gros diamètre. Il est prévu un déboisement pour le passage de la conduite. Une fois les travaux terminés, l'environnement reprendra petit à petit son état initial. La construction des pistes nécessitera un défrichage.

Les caractéristiques de la conduite sont les suivantes :

- Conduite en acier ;
- Revêtement intérieur époxy ;
- Revêtement extérieure : PEHD ;
- Tubes type tulipés, admettant un angle de pose de quelques degrés ;
- Diamètre nominal : 200, 300 ou 400 mm.
- Qualité d'acier : E36 ;
- Epaisseur : Variant selon la pression entre 6 mm et 12 mm ;
- Condition de pose : enterrée.

La conduite est automatiquement isolée en cas de défaut (survitesse, minimum de pression) par des vannes à fermeture automatique sans apport d'énergie

Quelques photos du tracé de passage de la conduite forcée :

Projet de microcentrale hydroélectrique du Grand Arc - Commune de Randens / Bonvillaret (73) - Localisation des photos de la conduite forcée

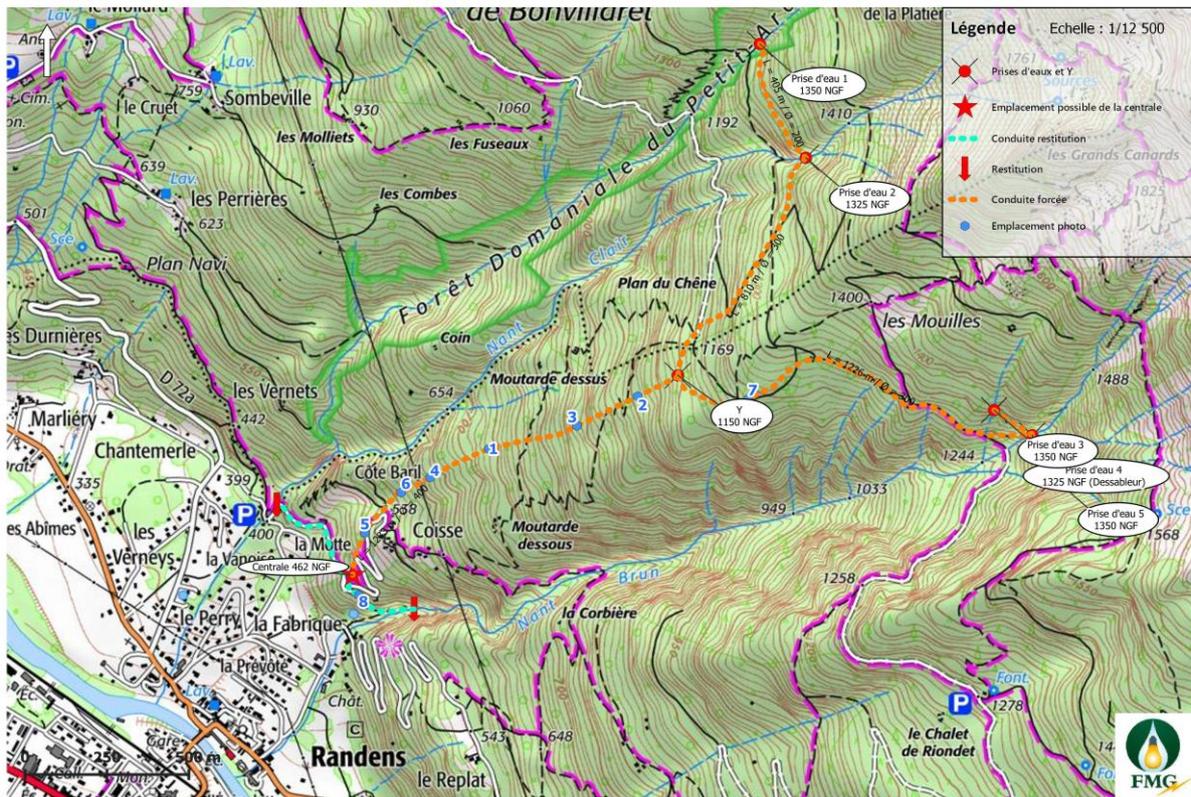


Figure 28 Localisation des photos du tracé de la conduite forcée



Figure 29 Photo n°1 – couloir de bois



Figure 30 Photo n°2



Figure 31 Photo n°3

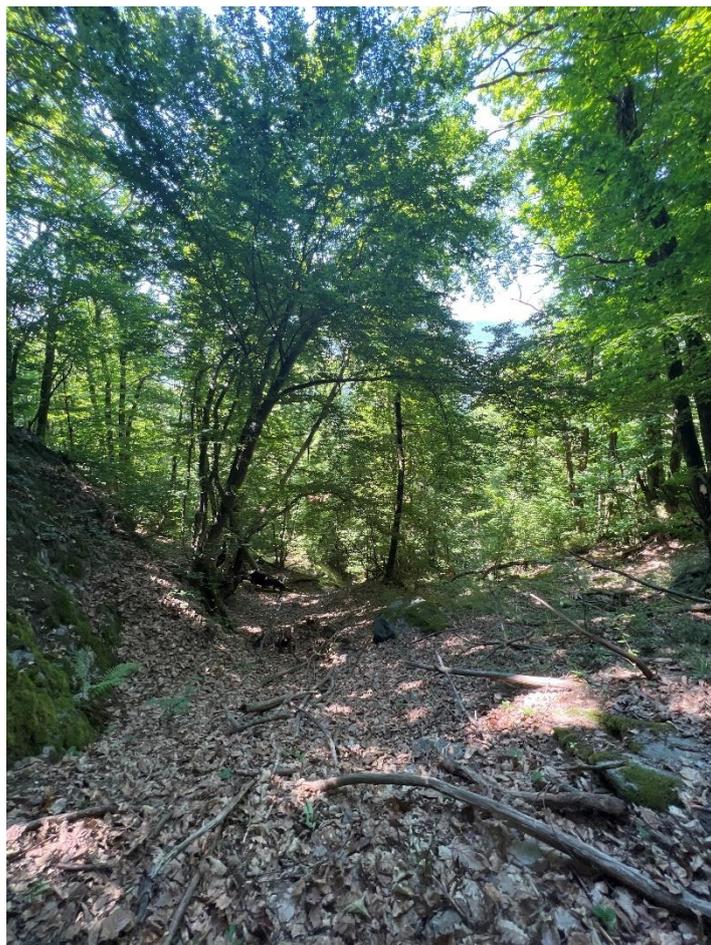


Figure 32 Photo n°4



Figure 33 Photo n°5 - route menant à Coisse



Figure 34 Photo n°6



Figure 35 Photo n°7



Figure 36 Photo n°8 - conduite de restitution

2.5 Centrale

Deux possibilités d'emplacements de la centrale avaient été étudiées. Le 1^{er} était situé plus en aval, au bord du Nant Clair, à l'altitude de 400 m. Cet emplacement permettait de gagner environ 60 m de chute et augmentait la production et la puissance de la centrale. Néanmoins, La parcelle est boisée et l'impact environnemental du choix de la localisation de la centrale nous a paru plus important. De plus, la conduite de restitution vers le Nant Brun aurait été beaucoup plus longue et court-circuiterait deux droits d'eaux fondés en titres. Même si nous avons les accords des propriétaires des droits d'eaux, il nous a paru plus opportun de placer la centrale plus en amont. La variante incluait une possibilité de restitution dans le Nant Brun et dans le Bon Nant de façon séparée au prorata des débits.

Enfin, la proximité de cet emplacement avec les habitations et l'accès touristique au chemin de la cascade nous ont définitivement convaincu sur le choix de la centrale plus en amont à 462 m.

L'implantation de la centrale à l'emplacement choisi permet de placer la centrale dans une zone de moindre visibilité et de passage. La route se terminant en cul de sac et menant au lieu-dit Coisse (1 à 2 maisons habitées à l'année), le passage n'est pas des plus importants. La centrale sera donc intégrée



au mieux dans le paysage. Elle ne sera pas visible de loin et comportera plusieurs aménagements paysagers. De plus, elle est située suffisamment loin des premières habitations permettant de réduire les risques de nuisances sonores.

Enfin la centrale s'implante sur un pré évitant la coupe d'arbres.

La centrale est un bâtiment d'environ 130 m² accueillant la turbine de type Pelton (un groupe) ainsi que le transformateur et les armoires électriques. Le bâtiment est équipé d'une protection anti intrusion et d'une protection incendie globale.

La turbine est protégée en cas de défaut par un déflecteur limitant sa survitesse et une vanne d'isolement à fermeture automatique. La fermeture de ces deux organes se fait sans apport d'énergie.

L'alternateur est protégé électriquement contre les défauts internes et externes par un relais haute sensibilité.

Il peut être isolé du réseau par un disjoncteur.

Les enroulements et les paliers sont protégés des échauffements par des mesures de température.

Le transformateur est protégé des échauffements et des surpressions par un relais type DGPT2.

Le transformateur ne possède aucune partie sous tension accessible.

Le transformateur est équipé d'un bac de rétention en cas de fuite d'huile.

Le transformateur peut être isolé électriquement par un disjoncteur amont et un disjoncteur aval.

L'ensemble des équipements électriques est protégé des défauts internes et externes par un ensemble de protections haute sensibilité.

Aucune partie sous tension n'est accessible.

Tous les équipements répondent aux normes françaises (NF) et internationales (CEI) et subissent le contrôle d'un organisme agréé avant mise en service.

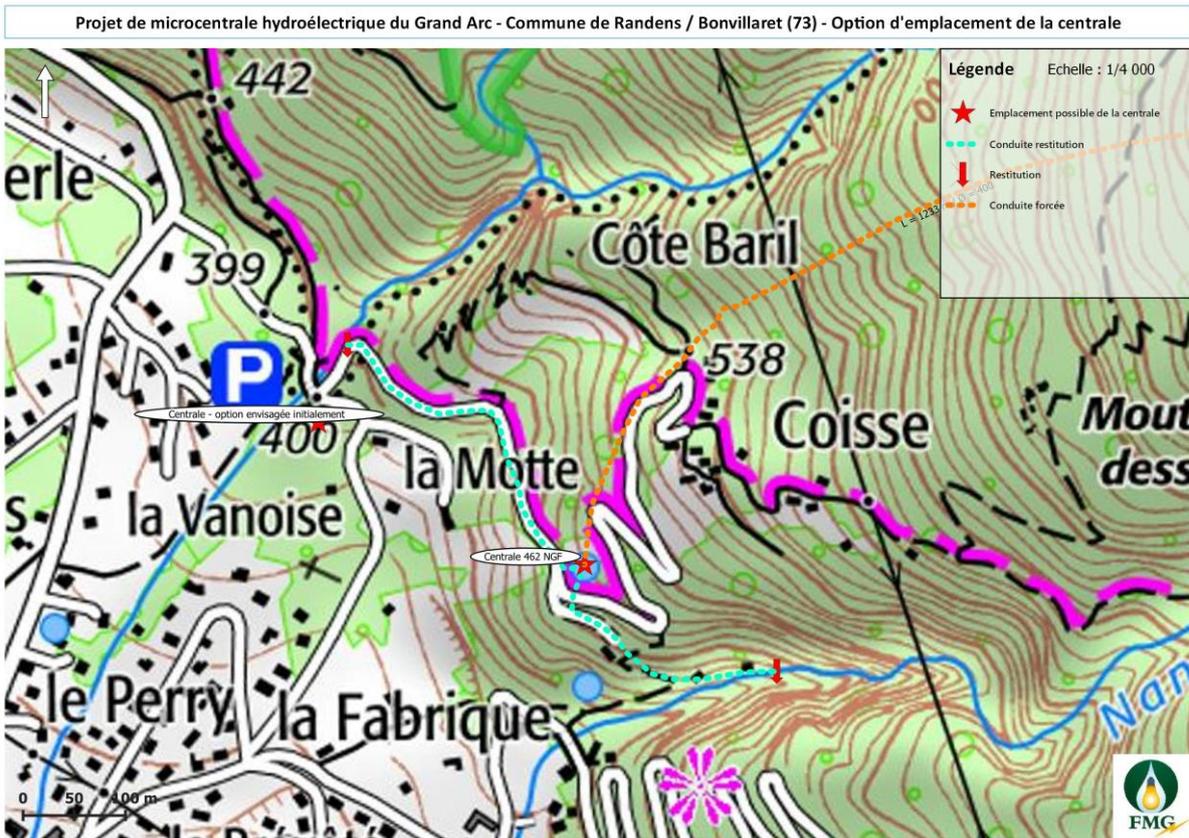


Figure 37 Option d'emplacement de la centrale

Nous précisons que la variante incluait aussi une restitution dans le Nant Brun et dans le Nant Clair. La conduite de restitution dans le Nant Brun suivait la route et passait à travers champs au lieu-dit la Fabrique. Cependant, cette option cour circuiterait deux droits d’eaux.



Figure 38 Localisation de l'emplacement choisi de la centrale



2.6 Choix du débit d'équipement et évaluation de la production énergétique

L'objet de ce chapitre a pour but de fixer le débit équipé de l'installation permettant de tirer le meilleur parti du potentiel énergétique des cours d'eau en fonction de leur régime hydrologique, du rendement des équipements sélectionnés, du tarif de vente de l'énergie et des investissements à réaliser.

Les résultats de ce chapitre servent de base à l'analyse économique et financière

Compte tenu de l'altitude et de l'orientation, La période de forts débits turbinables est la fonte des neiges, soit Mars à Juin.

Pour valoriser ces forts débits et, on équipera à 1,48 fois le module soit : 146 l/s.

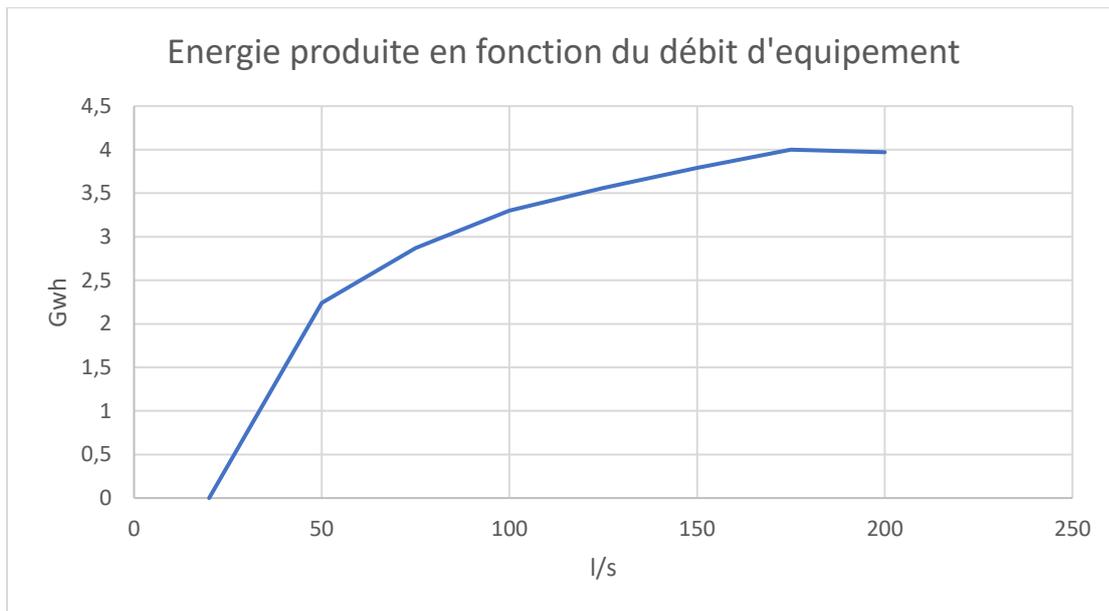


Figure 39 Energie produite en fonction du débit d'équipement

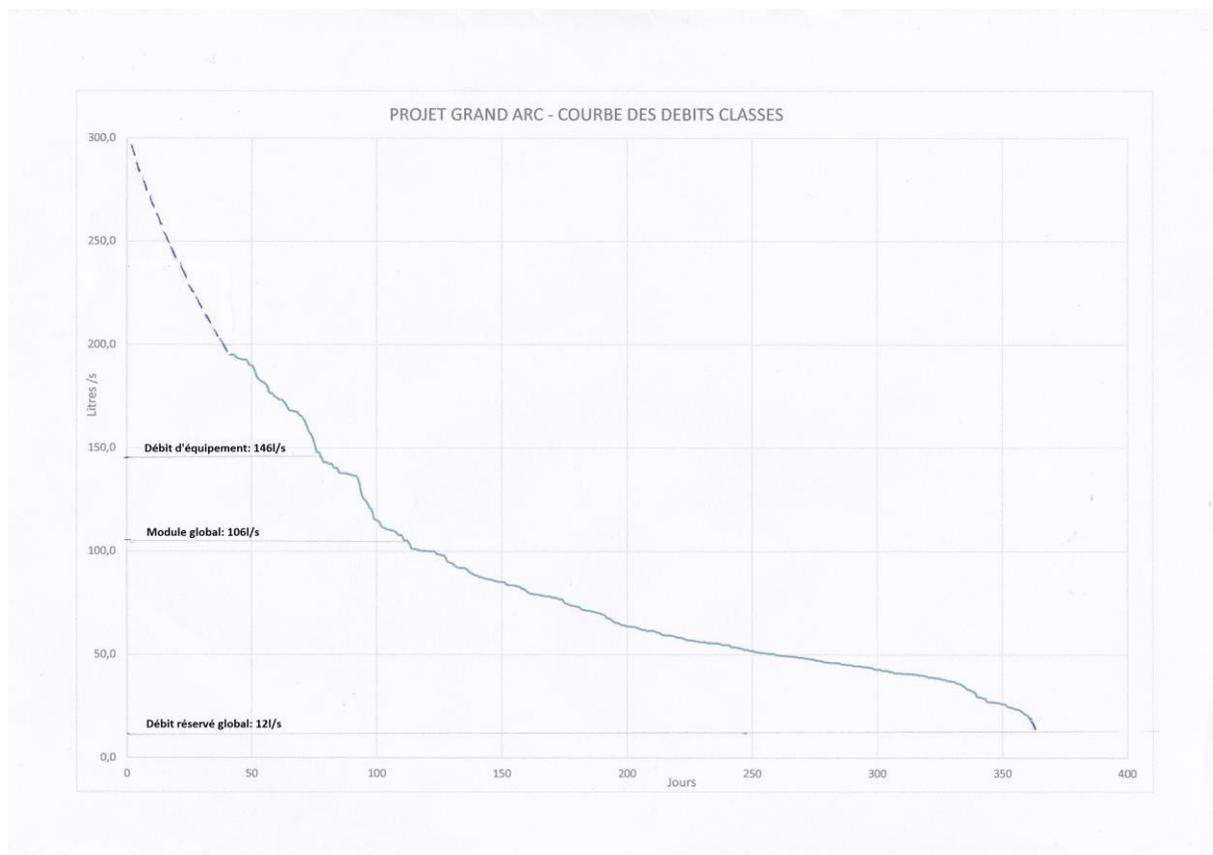


Figure 40 Courbe des débits classés

La production augmente rapidement jusqu'au module global (107l/s), puis s'infléchit jusqu'à 1,5 fois le module et cesse de progresser à partir de 2 fois le module.

Pour profiter de la fonte des neiges, nous avons choisi un débit d'équipement qui nous permet de turbiner à pleine puissance les mois d'Avril à Juin. Nous avons retenu 146l/s soit 37% au-dessus du module. La puissance électrique correspondante est de 999kW et le projet reste dans le cadre d'un contrat < 1000kW.

Dans la gamme des tuyaux normalisés, l'équipement à 146l/s nous impose un diamètre minimum de conduite forcée de 300mm soit une perte de charge de 45m. Pour un coût supplémentaire supportable, le tronçon commun de conduite soit 1233m est dimensionné à 400mm ce que ramène les pertes de charge à environ 10m.

L'énergie produite en kWh est calculée mois par mois. Elle est le produit des débits moyens mensuels par la chute nette et les rendements des différents équipements entrant dans la chaîne de production.

Les pertes de charge dans la conduite et les rendements sont calculées pour chaque valeur de débit turbiné.

| Rendement Global de l'installation | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|----|----|------|------|------|
| Ouverture de la turbine (%) | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Alternateur | 95,7 | 95,5 | 95,3 | 95,1 | 94,7 | 94 | 93 | 91,9 | 89,6 | 85,5 |



| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Turbine | 89,5 | 89,7 | 89,9 | 90 | 89,7 | 89,5 | 89 | 88 | 81 | 79 |
| Transfo | 98,66 | 98,75 | 98,88 | 98,9 | 99,04 | 99,07 | 99,1 | 99,15 | 99,2 | 99,25 |
| Autre | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 |
| Global | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,84 | 0,83 | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,71 | 0,66 |

Figure 41 Rendement global de l'installation

La production a été calculée à partir des débits journaliers des deux années d'exploitation de la centrale de Notre dame des Millières soit Juin 2021-Mai 2022 et Juin 2022– mai 2023

- La production moyenne annuelle globale est de l'ordre de 3,75 GWh.



| CENTRALE DU GRAND ARC | | | | | |
|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------|--------|
| CALCUL DE LA PRODUCTION | | | | | |
| DONNEES | | | | | |
| Débit d'installation | 0,146 | m3/s | Q réservé | 0,01200 | m3/s |
| Chute brute | 860 | m | Puissance brute | 1232 | kW |
| Long Conduite (equivalente) | 2,5 | km | Puissance max | 995 | kW |
| Dia conduite | 0,4 | m | Perte de charge | 9,87 | m |
| Strickler | 90 | | | H16 | |
| Nb groupe | 1 | | Tarif hiver | | €/kWh |
| Module (l/s) | 0,106 | | Tarif été | | €/kWh |
| Q mini tur | 0,015 | m3/s | Tarif Unique | 0,128 | €/kWh |
| Année | 2021-2022 | 2022-2023 | Moyenne | | |
| Tarif | H16 | H16 | H16 | | |
| | calcul A | calcul B | | | |
| Energie produite(hiver) | 674060 | 1540818 | 1107439 | 0 | kWh |
| | | | | | % |
| Energie produite(été) | 3053143 | 2237935 | 2645539 | 0 | kWh |
| | | | | | % |
| Production calculée | 3727203 | 3778753 | 3752978 | 0 | kWh |
| | | | | | % |
| Recette brute (simple tarif) | 477082 | 483680 | 480381 | 0 | € |
| Recette brute (double tarif) | | | | 0 | € |
| Investissement | 4500000 | 4500000 | 4500000 | 0 | € |
| Coût /KW installé | 4521 | 4521 | 4521 | 0 | € |
| Temps de retour | 9,4 | 9,3 | 9,4 | 0,0 | années |
| BST 06 07 2023 | | | | | |

Figure 42 Prévisionnel de production

Une pondération de 10% a été appliquée par prudence sur les débits.

Une pondération de 5% a été appliquée sur les débits pour tenir compte de l'indisponibilité des équipements.



Caractéristique du projet retenu :

| Nom du projet | | Centrale du Grand Arc | | |
|---|-----------------|-----------------------|------------|-----------|
| | | Bon Nant | Nant Clair | Nant Brun |
| Cours d'eau | | | | |
| Bassin versant | km ² | 0,53 | 1,06 | 1,06 |
| Module | l/s | 21,5 | 43 | 42,98 |
| Débit réservé | l/s | 2,5 | 4,5 | 5 |
| Niveau du seuil de prise d'eau | NGF | 1350 | 1325 | 1325 |
| Niveau de restitution | NGF | 407 | 407 | 440 |
| Niveau de régulation | NGF | 1322,5 | | |
| Bassin versant global | km ² | 2,65 | | |
| Module global retenu | l/s | 106 | | |
| Débit réservé global retenu | l/s | 12 | | |
| Niveau plateforme centrale | NGF | 462 | | |
| Niveau axe turbine | NGF | 462,5 | | |
| Longueur conduite d'alimentation | | | | |
| Bon Nant Nant Clair | | | 405 | |
| Nant Clair -Y | m | 810 | | |
| Nant Brun -Y | m | 1226 | | |
| Y-Centrale | m | 1150 | | |
| Pertes de charges globales | m | 10 | | |
| Chute brute utile | m | 860 | | |
| Chute nette correspondante | m | 850 | | |
| Débit d'équipement | l/s | 146 | | |
| Puissance brute maximale | kW | 1265 | | |
| Puissance brute utile | kW | 1232 | | |
| Puissance injectée | kW | 999 | | |
| Longueur conduite de restitution | | | | |
| Centrale - Bon Nant | m | 388 | | |
| Centrale - Nant Brun | m | 287 | | |
| Nombre de groupe | | 1 | | |
| Energie annuelle attendue | GWh | 3,75 GWh | | |

Figure 43 Caractéristiques du projet

2.7 Conditions de remise en état du site

Après exploitation le site sera rendu à son état naturel. Les ouvrages d'extrémité, prises d'eau et centrale, seront déconstruits et tous les matériaux évacués.

La conduite forcée et les réseaux enterrés seront laissés enfouis.



- Arrêté de protection du biotope ;
- Natura 2000 ;
- Réserve naturelle nationale ou régionale ;
- Parc National ;
- Réserve biologique ;
- Géoparc ;
- Parc naturel régional ;
- ZNIEFF type 1 ;
- Espace naturel sensible ;
- En dehors d'un réservoir de biodiversité du SRCE ;
- Zone humide.

Le projet est situé partiellement au sein d'une ZNIEFF type 2.

D'un point de vue patrimonial et paysager, le projet n'est inclus dans aucun périmètre de protection :

- Monument historique ;
- Site inscrit ;
- Site classé ;
- Site Unesco ;
- Grand site de France.

L'emplacement de la centrale a été choisi afin que l'impact paysager soit le plus faible possible (éloignement des habitations et emplacement peu passant). De plus la centrale sera intégrée au mieux dans le paysage. Un permis de construire sera déposé sous la validation d'un architecte réalisant plusieurs perspectives et plans du bâtiment projeté.

La conduite forcée sera majoritairement enterrée et invisible. Les prises d'eaux seront discrètes et situées sur des emplacements très peu passants, inaccessibles l'hiver.

D'un point de vue des milieux aquatiques, les cours d'eaux ne sont ni classés en liste 1 ou en liste 2.

3.2 Impact du projet en phase chantier

3.2.1 Déroulement du chantier

Le chantier se déroulera à cheval sur deux saisons, sur une période s'étalant sur environ 1,5-2 ans, du mois de mars de l'année N jusqu'au mois d'octobre de l'année N+1.

Tout d'abord, les travaux préparatoires consisteront à la réalisation des pistes d'accès aux prises d'eaux et au défrichage du tracé de la piste. Le défrichage se déroulera préférentiellement en dehors des périodes favorable à la biodiversité, par exemple pendant les mois de septembre et octobre. Cette piste, d'environ 4 m de large, permettra l'accès à la prise d'eau. Elle débutera depuis les pistes forestières existantes. Une demande de défrichage sera déposée en même temps que le dossier de demande d'autorisation. La surface défrichée est de :

- Environ 0,25 ha pour la portion de piste allant jusqu'au prises d'eaux du Nant Clair et du Bon Nant ;
- Environ 0,17 ha pour la création de la piste menant aux prises d'eaux sur le Nant Brun.

Ensuite, le chantier débutera par l'installation de la base vie à proximité de l'emplacement de la centrale. La base vie sera composée d'un bungalow de chantier et de toilettes. Cette zone est située en hauteur par rapport au cours d'eau et n'encourt aucun risque d'inondation.



Le chantier se poursuivra par la construction des prises d'eaux. Ils comprennent notamment le bassin de dessablage et la chambre de mise en charge de la conduite. Les travaux seront isolés du cours d'eau par un batardeau de protection. La construction des prises d'eaux seront réalisées dans des zones à sec, il n'y aura donc aucun risque de pollution.

L'installation de la conduite forcée est une étape majeure du chantier. Elle sera majoritairement enterrée depuis la prise d'eau jusqu'à l'usine à une profondeur d'environ 80 centimètres.

La pose de la conduite sera réalisée à la pelle mécanique ou pelle araignée qui ouvrira une tranchée dans laquelle les tronçons de conduite de 6,5 m et 13 m seront posés sur un lit de sable et soudés entre eux. Les tronçons de conduite seront stockés au niveau de la base vie et acheminés sur la zone de chantier au fur et à mesure de l'avancement. La surface déboisée, en prenant une zone d'environ 10 m de large, correspond à 1,2 ha.

Enfin, le bâtiment de la centrale comprenant un pont roulant, le groupe pour la turbine Pelton et les installations électriques sera construit sur une zone en dehors de tout risques d'inondations. Le bâtiment sera conforme aux règles d'urbanismes et sera intégré dans son environnement.

3.2.2 Impact sur la ressource en eaux

Concernant la qualité des eaux, les travaux peuvent augmenter le taux de matières en suspension durant la phase de construction des ouvrages en béton. L'utilisation de béton pour la construction des ouvrages et le fonctionnement quotidien des engins peuvent avoir une incidence sur la qualité de l'eau. Les principaux risques liés à cette activité sont le déversement accidentel de laitance de béton ou d'hydrocarbures dans la rivière.

La zone de travaux sera mise en assec. Il n'y aura pas de circulation des engins de chantier dans le cours d'eau. Il n'y a donc pas de risque d'écoulement de laitance de béton ou d'hydrocarbures dans les torrents.

Les travaux n'auront pas d'impact sur l'hydrologie.

La zone de chantier est intégralement enlevée à la fin de celui-ci. Il n'y a pas d'incidence des travaux sur les habitats.

La faune piscicole ne sera pas impactée par les travaux de la future centrale hydroélectrique.

3.2.3 Impact sur le milieu naturel

Le principal impact est dû au défrichement pour l'extension des pistes existantes pour l'accès aux prises d'eaux. Cette extension représente un linéaire très faible, moins d'un kilomètre.

FMG propose les mesures suivantes :

- Les arbres feuillus abattus et les troncs de résineux pourront être laissés sur place afin de contribuer au cycle du bois mort, notamment les résineux pour la buxbaumie verte ;
- Le tracé de la conduite forcée doit également être adapté pour réduire à son minimum le nombre d'arbres abattus, en particulier les arbres à cavités et les arbres de très gros diamètres ;
- Les travaux d'abattage d'arbres devront être réalisés en dehors de la période de nidification de l'avifaune et d'hivernage ou hibernation des mammifères (écureuil roux, chiroptères), amphibiens et reptiles. La saison propice aux abattages s'étalera entre fin août et fin novembre.



Une fois la conduite enfouie et les travaux terminées, la tranchée est revégétalisée naturellement. En effet, les travaux de la conduite consistent à du déboisement.

3.2.4 Incidences sur le milieu humain

Concernant le paysage et le patrimoine, l'incidence est considérée comme faible. Les ouvrages ne seront pas visibles depuis les villages de Randens, Bonvillaret et Aiguebelle. La centrale est implantée au bord d'une route à faible circulation.

Les travaux pourraient occasionner une gêne pour le voisinage par l'émission de bruits et de poussières et la circulation d'engins sur les voies de circulation. Toutefois, la route menant à la centrale est à faible circulation, en cul de sac et menant au hameau de Coisse avec une à deux maisons habitées à l'année.

Les habitants seront moyennement impactés par le chantier de la centrale hydroélectrique.

Le chantier aura une incidence positive sur l'activité socio-économique avec la réalisation du chantier par des entreprises locales.

3.3 Impact du projet en phase exploitation

3.3.1 Impact sur la ressource en eaux et le milieu aquatique

Les ouvrages de l'aménagement hydroélectrique ne développent pas d'effet direct sur la qualité des eaux des torrents.

La qualité de l'eau ne sera pas impactée par l'aménagement hydroélectrique.

En termes de discontinuité biologique : les torrents sont réputés défavorables à l'établissement d'une population de truite naturelle viable (sans empoisonnement) sur leur zones apicales (au contraire des linéaires en pied de versant). Les communautés invertébrées ont pour la plupart un stade imaginal volant permettant aux individus de recoloniser les zones amont. Les conséquences de la discontinuité apparaissent donc nulles à faibles. Les cours d'eaux comportent de nombreux obstacles infranchissables ne permettant pas aux populations de remonter les torrents. D'une manière générale, les fortes pentes engendrent un cloisonnement des torrents pour la circulation piscicole avec des faciès « Chutes » dominants, totalement infranchissables.

3.3.2 Incidence sur le milieu naturel

La faune et la flore terrestre ne seront pas impactées lors du fonctionnement de la centrale. Les ouvrages de la centrale hydroélectrique, intégrés dans leur contexte environnemental, ne développent pas d'effets sur la faune et la flore terrestre.

3.3.3 Incidences sur le milieu humain

Les habitations les plus proches sont suffisamment éloignées afin de ne pas créer d'impact négatifs ou dérangeants par rapport aux bruits provenant des installations électriques (transformateur et alternateur) et de la restitution.

L'incidence de la centrale sur les habitants est faible.

L'exploitation de la centrale aura une incidence positive en matière de retombées fiscales pour les collectivités locales. Le fonctionnement des ouvrages permettra de contribuer à la satisfaction des besoins énergétiques notamment en termes d'énergie renouvelable.

L'incidence de l'aménagement hydroélectrique sur l'activité socio-économique est positive.



4. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Les mesures suivantes seront mises en place :

A propos des milieux aquatiques (MA) :

- MA1 (mesure de réduction) – Utilisation de banches étanches pour le coulage du béton et utilisation de béton colloïdal. Le béton utilisé sera du béton colloïdal et le coffrage se fera avec des banches étanches pour limiter les fuites de béton ;
- MA2 (mesure de réduction) – Décantation des eaux de fuite avant leur réintégration par pompage. Pour limiter le taux de matières en suspension liées à la réintégration dans les torrents des eaux de fuite des batardeaux, celles-ci seront décantées dans des bassins de décantation avant leur pompage ;
- MA3 (mesure de réduction) – Entretien et entrepose des engins de chantier loin du cours d'eau : les engins de chantier seront en parfait état de marche et toutes les opérations d'entretien seront impérativement réalisées loin du cours d'eau. Les engins roulants seront donc déplacés tous les soirs et seront entreposés en berges en dehors des zones inondables ;
- MA4 (mesure de réduction) – Utilisation d'huile biodégradable : l'huile des engins de chantier sera biodégradable ;
- MA5 (mesure de réduction) – Mise en place d'un bassin de décantation et d'une vanne de dégravage. Afin de limiter les sédiments pouvant transiter dans la turbine et susceptibles de provoquer une érosion de la roue, la prise d'eau sera équipée d'un bassin de décantation. Le bassin de décantation permettra de récupérer les sédiments amenés par les eaux des Nants. Le seuil comportera aussi une vanne permettant de laisser transiter librement les sédiments pendant une crue. Cette mesure permet d'assurer le transit sédimentaire pendant l'exploitation avec le dessablage et le dégravage ;
- MA6 (mesure de réduction) – Concernant les milieux aquatiques, la définition d'un débit réservé à chacune des prises d'eau, permettant de s'assurer du maintien des conditions favorables pour la meilleure expression des potentialités hydro écologiques sur chacun des 5 tronçons court-circuités sera mise en œuvre par le porteur de projet. Toutes les précautions seront prises sur chacun des tronçons court-circuités pour permettre :
 - a. Le maintien des conditions d'habitat favorables pour la faune invertébrée sur l'ensemble des linéaires court-circuités ;
 - b. De limiter la possible prise en glace de tout ou partie des linéaires en tronçon court-circuité.
- MA7 (mesure de réduction) – Faible emprises des travaux en cours d'eaux.

A propos des milieux terrestre (MT) :



- MT1 (mesure de réduction) – Assurer une couverture boisée minimum autour des conduites et prises d'eau. Réduire le déboisement au strict nécessaire sur l'emprise du chantier ;
- MT2 (mesure d'évitement) – Le choix des emprises précises et leur balisage doit permettre de limiter les surfaces d'habitats naturels impactés. Les aménagements sur les zones déjà perturbées (pistes et chemins, parcelles remaniées pour l'exploitation forestière...) doivent être privilégiés. Le tracé de la conduite forcée doit également être adapté pour réduire à son minimum le nombre d'arbres abattus, en particulier les arbres à cavités et les arbres de très gros diamètres ;
- MT3 (mesure de réduction) – Les arbres feuillus abattus et les troncs de résineux pourront être laissés sur place afin de contribuer au cycle du bois mort, notamment les résineux pour la Buxbaumie verte ;
- MT4 (mesure de réduction) – Les travaux d'abattage d'arbres devront être réalisés en dehors de la période de nidification de l'avifaune et d'hivernage ou hibernage des mammifères (écureuil roux, chiroptères), amphibiens et reptiles. La saison propice aux abattages s'étalera entre fin août et octobre ;
- MT5 (mesure de réduction) – Assurer un vieillissement à long terme des boisements en place et des zones d'accueil favorables aux espèces forestières les plus exigeantes.
- M6 (mesure d'évitement) – La Buxbaumie verte identifiée sera protégée et balisée afin de la préserver et de l'éviter ;
- MT7 (mesure de réduction) – Respect strict de l'emprise du chantier par une délimitation avec des barrières de type grillage de chantiers orange. La mise en défens sera réalisée avant l'arrivée des premiers engins et supprimée après le départ des derniers engins d'installations. La barrière sera installée de façon discontinue en laissant des passages de 30 à 50 cm de large tous les 50 mètres. Le passage de la petite faune sera facilité par la surélévation de ce grillage de 10 à 20 cm par rapport au sol à l'aide de piquets porte lampe, le crochet des piquets servant à maintenir la position haute du grillage ;
- MT8 (mesure de réduction) – Gestion des espèces invasives : FMG s'assurera de l'absence d'espèces invasives et notamment de la renouée (sous toutes ses formes et taxons) dans les matériaux importés. Ainsi, le site de prélèvement, d'approvisionnement, tout comme le matériau en lui-même devront être exempt de végétaux exotiques indésirables. FMG procédera, à toutes les coupes de rejets et traitements nécessaires pour supprimer les espèces indésirables. Un suivi des plantes invasives sera mené sur le linéaire du cours d'eau concerné par les travaux (passage 1 an et 2 ans après la réalisation des travaux) avec mise en place d'intervention de lutte mécanique si besoin.

A propos des milieux humains (MH) :

- MH1 (mesure de réduction) – Chantier réalisés uniquement pendant les horaires de bureaux afin de ne pas déranger les riverains ;



- MH2 (mesure de réduction) – Isolation phonique du bâtiment afin de respecter les normes en vigueur ;