



CENTRALE HYDROELECTRIQUE D'ARC-ET-SENANS

DOSSIER DE DEMANDE DE RENOUVELLEMENT
D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PIECE N°3 - DOSSIER TECHNIQUE

Commune d'Arc-et-Senans
Département du Doubs | Région Bourgogne-Franche-Comté

TABLE DES MATIERES

I. Consistance, nature et volume des travaux, ouvrages ou activités	3
I.1. Rappel de l'historique du site	3
I.2. Consistance actuelle de la chute	4
I.3. Description détaillée des scénarios envisagés	10
II. Description des travaux	32
II.1. Généralités	32
II.2. Phasage et description des travaux	34
II.3. Évaluation des dépenses d'établissement et de travaux	39
III. Moyen de surveillance et d'intervention	40
III.1. Surveillance des ouvrages	40
III.2. Sécurité des personnes	41
III.3. Sécurité des ouvrages	42
III.4. Mesures de sécurité	42
III.5. Condition de remise en état du site après exploitation	42
IV. Durée de l'autorisation demandée et durée probable des travaux	42
V. Nomenclature loi sur l'eau	43
VI. Conclusion	44

I. CONSISTANCE, NATURE ET VOLUME DES TRAVAUX, OUVRAGES OU ACTIVITES

Le projet objet de la présente demande d'autorisation environnementale concerne l'évolution de l'aménagement hydroélectrique d'Arc-et-Senans, au droit du seuil de Roche-sur-Loue, sur la Loue. Il prévoit la création d'un nouvel ouvrage de production hydroélectrique implanté au droit du seuil existant, en rive droite de la Loue, sur le terrain propriété du pétitionnaire, en complément et en articulation avec la centrale existante située à l'aval du canal d'amenée.

Cet aménagement a pour finalité d'optimiser l'exploitation énergétique des débits disponibles au droit du seuil, de réduire les débits dérivés autorisés pour renforcer les débits transitant dans le tronçon court-circuité, d'améliorer le fonctionnement hydraulique d'ensemble du site et de limiter les incidences associées au régime actuel de la dérivation. Le projet intègre, à ce titre, les ouvrages de production, la vantellerie nécessaire à la protection des installations, les dispositifs de régulation et de sécurité, les adaptations nécessaires du seuil et de ses organes de gestion, ainsi que les dispositions permettant le maintien de la continuité écologique et des usages existants.

Le projet est conçu pour fonctionner au fil de l'eau, sans stockage ni fonctionnement par éclusées. Sa conception prend en compte le maintien des fonctionnalités de la passe à poissons, de la passe à canoës, des conditions de transit hydraulique au droit du barrage, ainsi que les contraintes d'exploitation de la centrale existante et des ouvrages associés.

Le présent document décrit l'état actuel de la chute, la consistance future de l'aménagement projeté, son mode d'exploitation ainsi que les principales caractéristiques des travaux, ouvrages et activités envisagés.

Le dossier présenté à l'appui de la demande intègre également une analyse comparative de plusieurs scénarios techniques correspondant aux différentes solutions d'équipement hydroélectrique étudiées par le pétitionnaire..

I.1. Rappel de l'histoire du site

Le moulin de Roche est mentionné en 1274, puis dans un acte de d'acquisition de Guiot de Rochefort le 9 juin 1367. Vers 1730, le haut fourneau produit annuellement 500 milliers de fonte, convertis en fers (barres) aux forges de Châtillon, puis de Quingey. Il est en arrêt depuis 1741 faute de minerai, mais est en activité en 1788, aux côtés d'une fonderie de seconde fusion (mention d'un atelier de moulage "sablierie"), alors propriété de M. de Montrond, seigneur de Châtillon.

Un arrêté des consuls du 21 octobre 1802 autorise "le roulement de l'ancien fourneau de Roche, sur la rivière de la Loue, et la construction d'une forge près du fourneau", cette dernière étant mise en jeu par cinq roues hydrauliques. Le patouillet (lavoir à minerai), situé en aval du canal et actionné par une roue hydraulique, et la tour du haut fourneau, dont la soufflerie était aussi mise en jeu par une autre roue, figurent également sur un plan de cette époque.

En 1813, le haut fourneau emploie 30 personnes et produit annuellement 2000 quintaux métriques de fonte moulée à partir de 8000 quintaux métriques de minerai. Sur la matrice cadastrale, une mention de 1855 précise que la "forge [est] en ruine depuis 1842". En septembre 1860, Victor Lespermont, fabricant de papier à Fontenay (39), acquiert le site des époux Charlier et d'Alfred et Amédée Caron, et fait construire en 1861-1862 une fabrique de papeterie à l'emplacement de la forge. Il demande en 1861 l'autorisation d'y installer une chaudière à vapeur Mathebs (Thann, 68).

Suite à la faillite du papetier Lespermont, Amédée François Caron, propriétaire du château de Roche, rachète le site en 1876. Les installations de la papeterie sont démantelées, et une maison voisine est démolie. Vestige de l'usine métallurgique, un atelier qualifié de "moulin" sur la matrice cadastrale, situé sur la rive gauche du bief est détruit en 1884 afin de laisser place l'année suivante à une scierie. C'est aussi à ce moment que disparaît la tour du haut fourneau. En 1891 est mentionnée la scierie mécanique A. Caron. Un logement patronal est construit au sud du site vers 1893, et une turbine hydraulique est installée vers 1901. En 1910, la scierie travaille le bois de

hêtre, de chêne et de peuplier, et fabrique des caisses d'emballage. Une porcherie, dépendance du château de la Roche, a été construite à l'est du site, complétée de deux logements.

Entre 1924 et 1949 (a minima), l'usine apparaît sous la raison sociale R. Caron, Paillard et Cie. En 1934, elle est qualifiée de menuiserie-meubles-parqueterie "La Loue". L'usine apparaît en 1959 sous l'appellation menuiserie-scierie Caron-Gomet et Cie, et est rattachée au Groupement des Industriels Manufacturiers de la Menuiserie (GIMM).

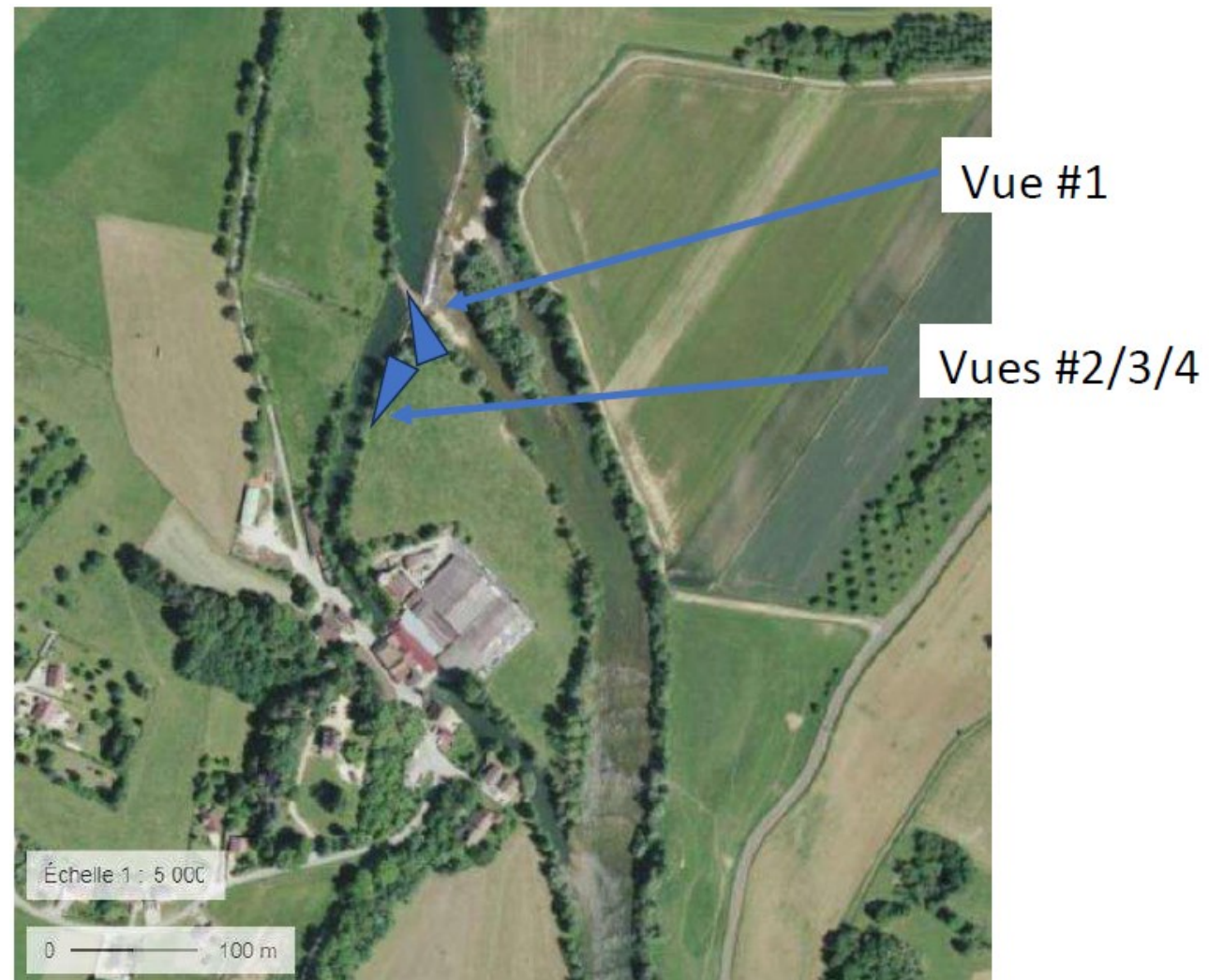
Un atelier de fabrication et des magasins sont construits après la Seconde Guerre au nord, sur l'île. En 1976, la société des Ets Floret et Cie (Pontcharra-sur-Breda, Isère) est autorisée à exploiter la menuiserie industrielle (fabrication de portes et fenêtres). L'usine traite à cette date 30 m3 de bois par jour, pour un parc de 36 machines, et emploie 95 personnes. Lorsque le groupe Lapeyre reprend le GIMM début 1989, l'usine de la Roche reprend son indépendance, mais connaît une baisse d'activités. Elle emploie alors 52 personnes.

La menuiserie industrielle Pevescal est alors fondée, et occupe encore actuellement les lieux.

Une petite centrale hydroélectrique est en service en amont de l'usine de menuiserie. La porcherie est en ruines - la cheminée encore debout -, et les logements ont été réhabilités.

I.2. Consistance actuelle de la chute

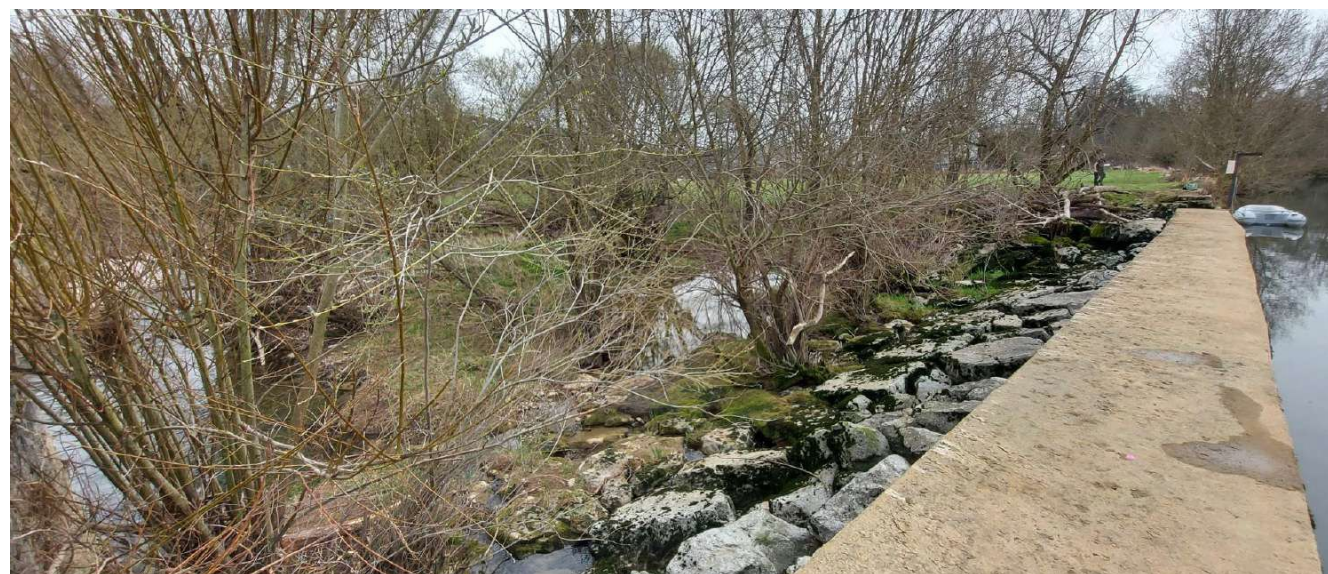
Plusieurs prises de vue au droit de la zone d'emprise du projet ont été réalisées en mars et en mai 2022 :



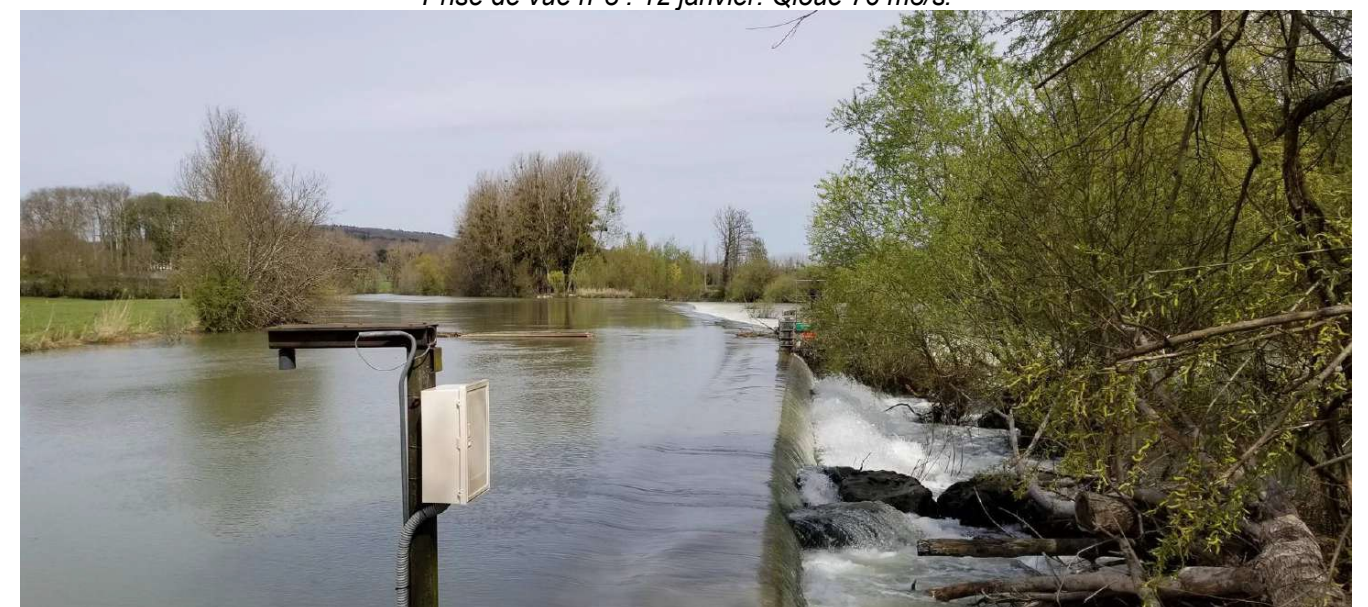
Prise de vue n°2 : 18 mai 2022. Qloue 37.4 m³/s.



Prise de vue n°3 : 12 janvier. Qloue 76 m³/s.



Prise de vue n°1 : zone d'emprise du projet. 16 mars 2022. Qloue : 18.4m³/s.



Prise de vue n°4 : 11 avril 2022. Qloue 111.5 m³/s.



Le barrage de Roche-sur-Loue sert à dériver les débits de la Loue vers la centrale de Roche située environ 250 m en aval du canal d'amenée.

La société Arc et Senans Hydro dispose de l'autorisation d'exploiter au travers d'un Arrêté préfectoral reprenant la consistance légale du site dont une part est fondée en titre. La PMB totale autorisée dans l'arrêté en vigueur est de 625 kW (dont 145 kw sont fondés en titre), se décomposant en une tranche fondée en titre et une tranche autorisée. Le droit d'eau est en l'état inaliénable. La continuité écologique pour la montaison a été assurée par la construction d'une passe à poissons et d'une passe à canoës, ouvrages qui ont été rétrocédés au profit du syndicat mixte de la Loue (l'Épage), propriétaire du seuil et gestionnaire du cours d'eau.

Une convention a été résignée en 2024 entre la société exploitante et l'Epage, propriétaire du barrage. Cette convention conforte un droit d'usage et un devoir d'entretien et précise également l'accord de principe de l'Épage sur le projet de création d'une nouvelle centrale au droit du seuil, tel que joint en annexe du présent dossier.

La pointe aval du seuil se prolonge sur la parcelle OE 699, propriété de la société Arc et Senans Hydro, sous la forme d'un seuil déversant constituant l'extrémité aval de cette parcelle. La limite cadastrale coïncide avec la pile amont de la vanne de dégravage du seuil. Le canal d'amenée de la centrale hydroélectrique existante est quant à lui cadastré OE 658 dans sa partie amont et OE 657 dans sa partie aval.



Le nouvel ouvrage de production hydroélectrique est prévu au droit de ce seuil déversant, en rive droite de la Loue, sur la parcelle OE 699 appartenant au pétitionnaire. Il s'implantera à l'interface entre la vanne de dégravage du seuil et la berge de la prairie attenante, à l'entrée du canal d'amenée de la centrale existante. La vue aérienne ci-dessous illustre la localisation retenue pour ce futur ouvrage.

Reproduction interdite sans l'accord de Nouvergies

Cette carte contient des informations confidentielles

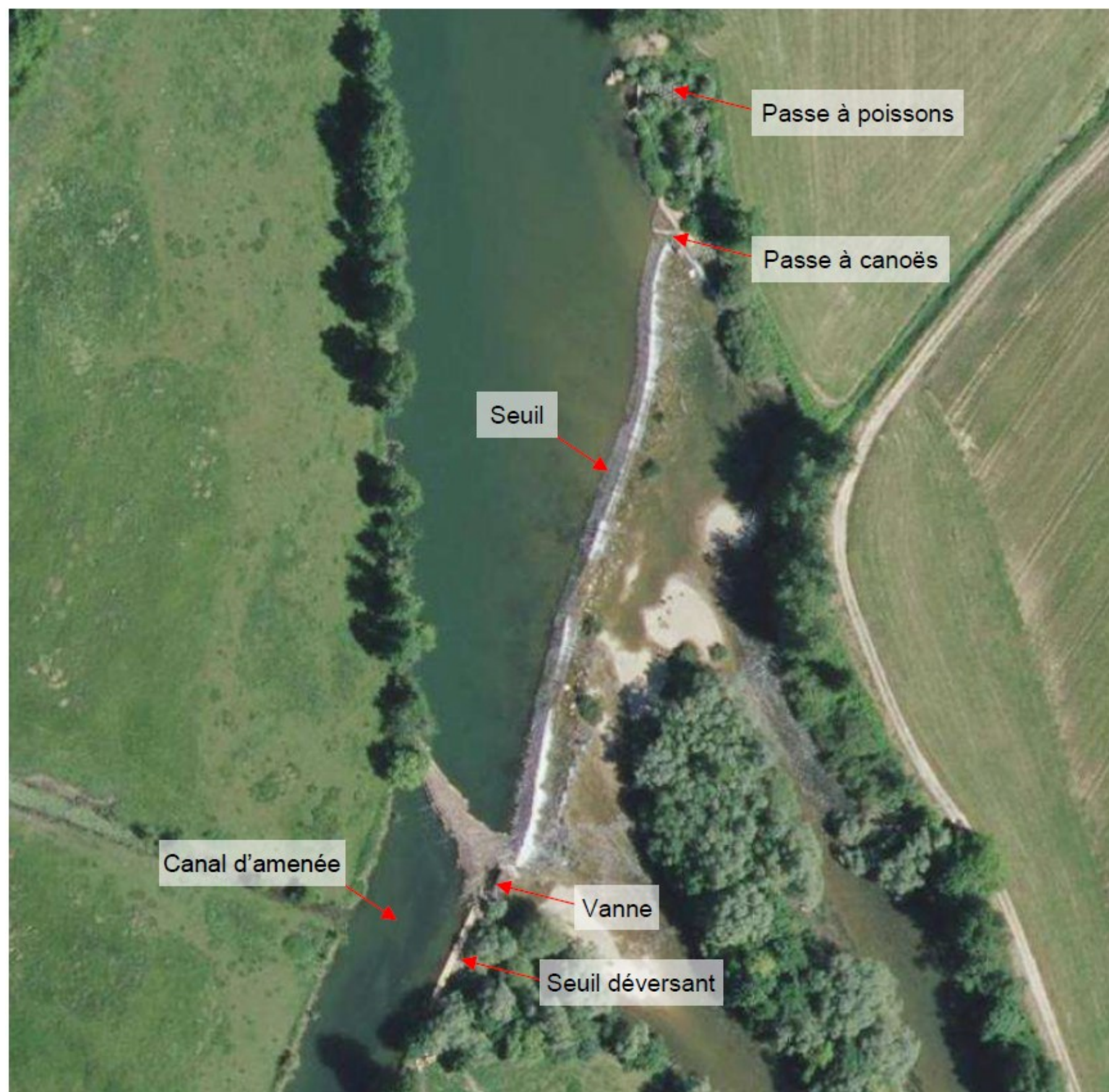


Projet de centrale hydroélectrique d'Arc-et-Senans (25) Localisation du projet	Emplacement du projet	Responsable du projet : Quentin MESTDAG quentin.mestdag@nouvergies.com Responsable cartographique : Quentin MESTDAG quentin.mestdag@nouvergies.com NOUVERGIES  énergies renouvelables SRC: Lambert 93 - EPSG (2154) Sources: © IGN – 2024, Cadastre Date: 14/04/2025 Echelle : 1 / 2500
--	---	---

Le seuil est actuellement constitué des éléments suivants :

	Une passe à poissons à macro-rugosité située en rive gauche de la Loue sur la partie amont du seuil. Cette passe a été réalisée et mise en eau le 28 novembre 2014 et sa conformité a été évaluée par l'ONEMA en janvier 2015. Ses dimensions sont les suivantes : • Longueur = 50 m • Largeur utile = 5 m • Pente = 4% • Diamètre de bloc = 0.4 m • Espacement des blocs = 1.10 m
	Une passe à canoës située en rive gauche de la Loue, entre le seuil et la passe à poissons
	Un seuil en travers de la Loue d'une longueur d'environ 160 m
	Une vanne de dégrèvement et de gestion des crues en rive droite de la Loue : • Longueur = 7 m • Hauteur = 1.70 m

	Un seuil déversant en rive droite de la Loue de 30 m de longueur entre la vanne de dégrèvement et la berge.
	Un canal d'amenée alimentant la centrale de Roche-sur-Loue environ 250 m en aval. Les dimensions de ce canal au niveau du seuil sont les suivantes : • Largeur = 27 m environ • Tirant d'eau = 1.80 m environ





La centrale existante est implantée de l'amont vers l'aval, sur les parcelles OE020, OE654, OE021 et OE689, à l'intérieur du complexe industriel de l'usine Pevescal. Elle se compose d'une grille, de deux dégrilleurs, de deux vannes d'isolement, de deux turbines Kaplan inclinées avec leurs aspirateurs, pour un débit d'équipement autorisé de 25 m³/s.

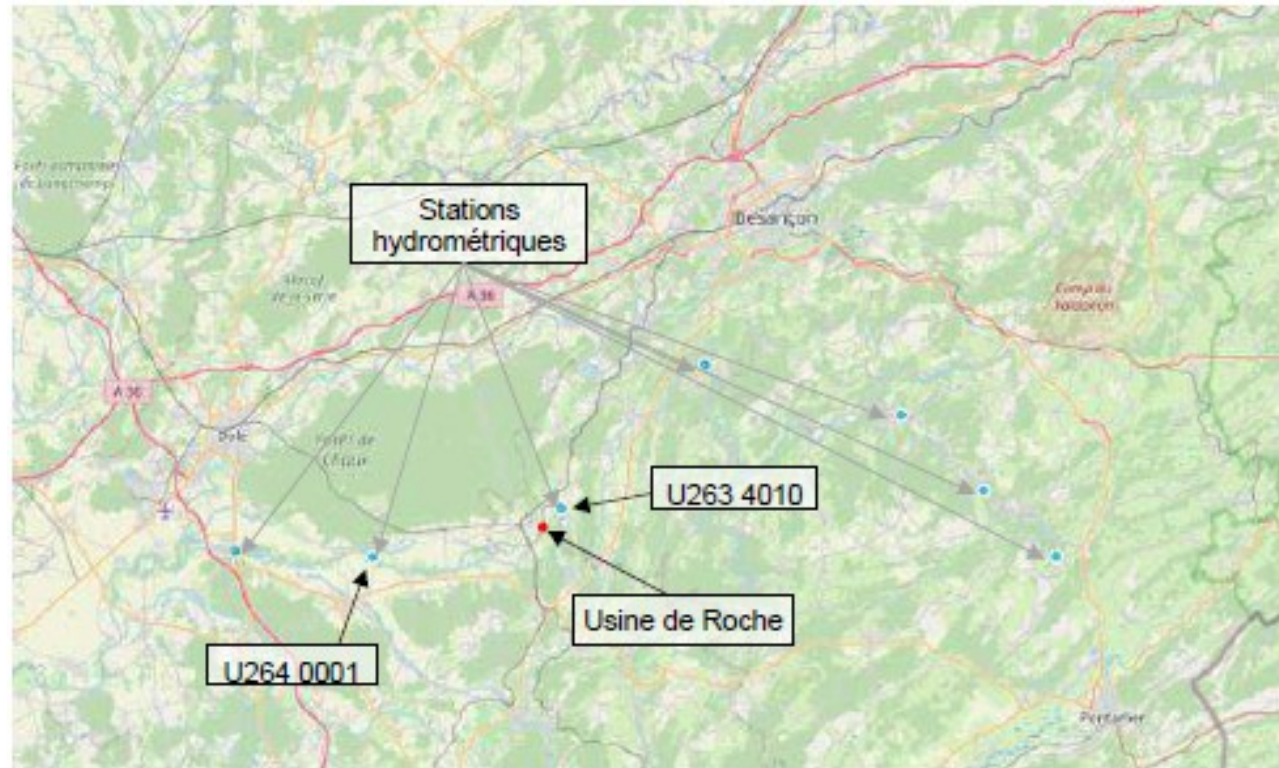
I.3. Description détaillée des scénarios envisagés

I.3.1. Consistance future de la chute commune à l'ensemble des scénarios

I.3.1.1. Etude hydrologique au droit du seuil

Données d'entrée

La Loue est équipée de stations hydrométriques gérées par la DREAL Bourgogne-Franche-Comté. Plusieurs stations enregistrent les débits de la Loue entre sa source à Ouhans et sa confluence avec le Doubs :

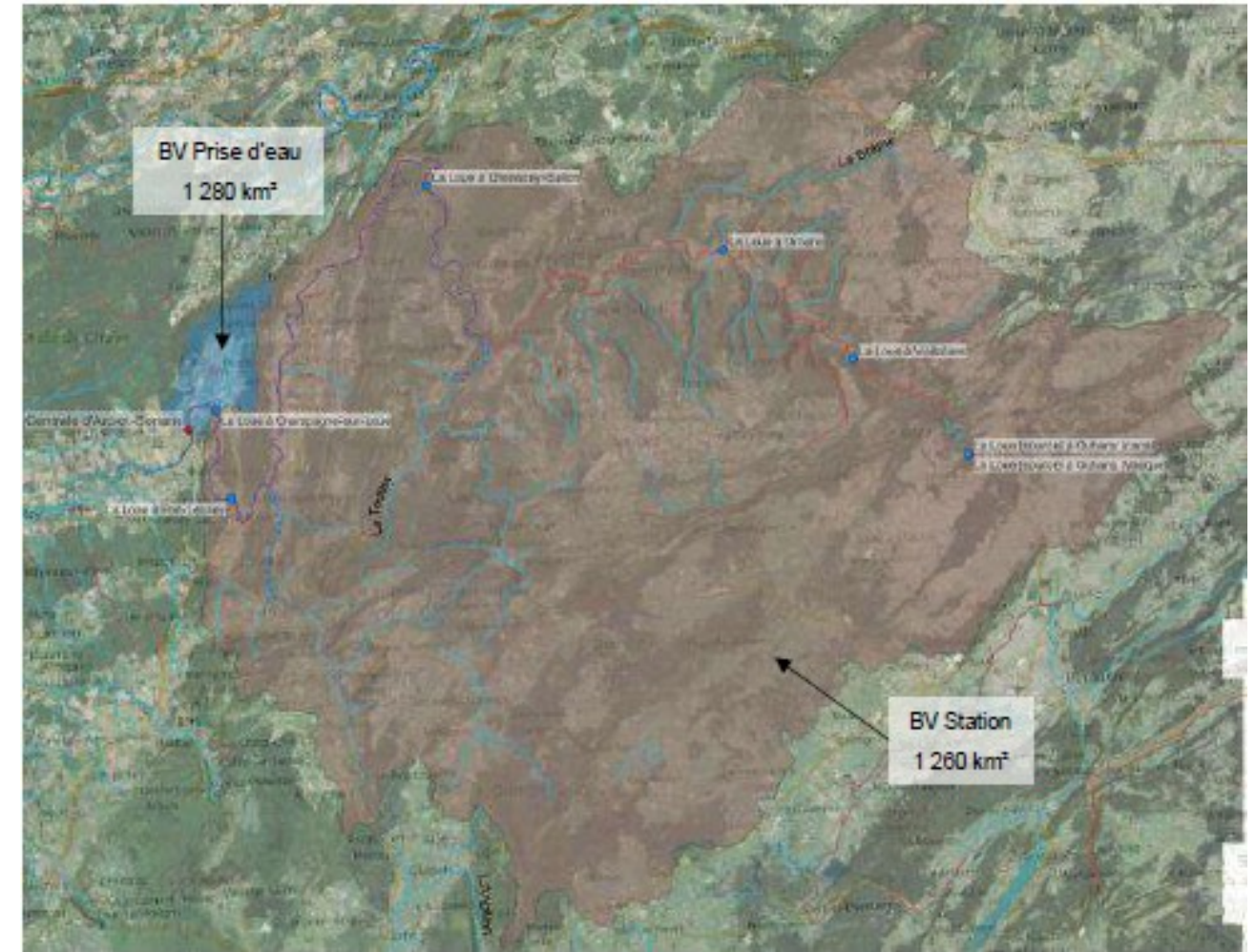


Sur les 7 stations disponibles sur le cours d'eau deux sont situées à proximité du site du projet :

- La Loue à Champagne-sur-Loue (U263 4010) qui enregistre les débits de la Loue depuis 1963 et dont les données sont considérées comme « bonnes » depuis 1981
- La Loue à Montbarrey [Les trois Ours] (U264 0001) qui enregistre les débits de la Loue depuis 2013.

Le bassin versant de la Loue au droit de la prise d'eau du projet est égal à 1 280 km².

La station hydrométrique de Champagne-sur-Loue semble donc être la station la plus adaptée pour reconstruire l'hydrologie du cours d'eau au droit de la prise d'eau de la centrale de Roche-sur-Loue (taille de bassin versant similaire et enregistrement des données sur 40 ans).

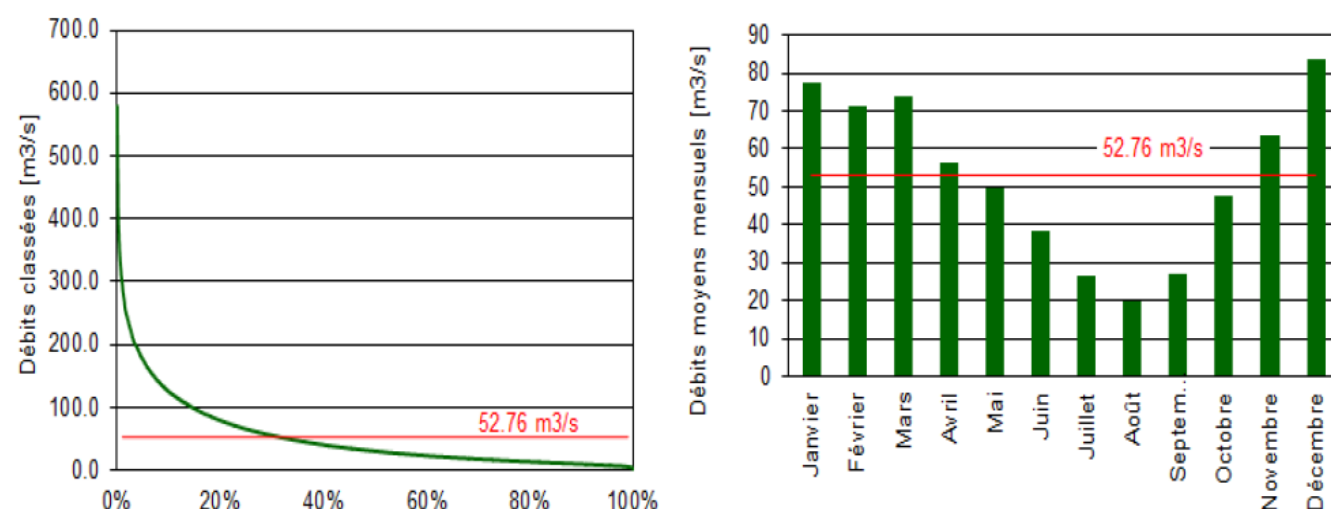


L'hydrologie au droit de la prise d'eau du projet est estimée par homothétie de bassins versants avec la station hydrologique de référence. Cette homothétie permet de déterminer le débit moyen attendu au droit de la prise d'eau.

Les caractéristiques hydrologiques ainsi déterminées sont les suivantes :

	Station à Champagne-sur-Loue	Prise d'eau
Module [m ³ /s]	51.94 m ³ /s	52.76 m ³ /s
Surface de bassin versant (bassin topographique) [km ²]	1 260 km ²	1 280 km ²

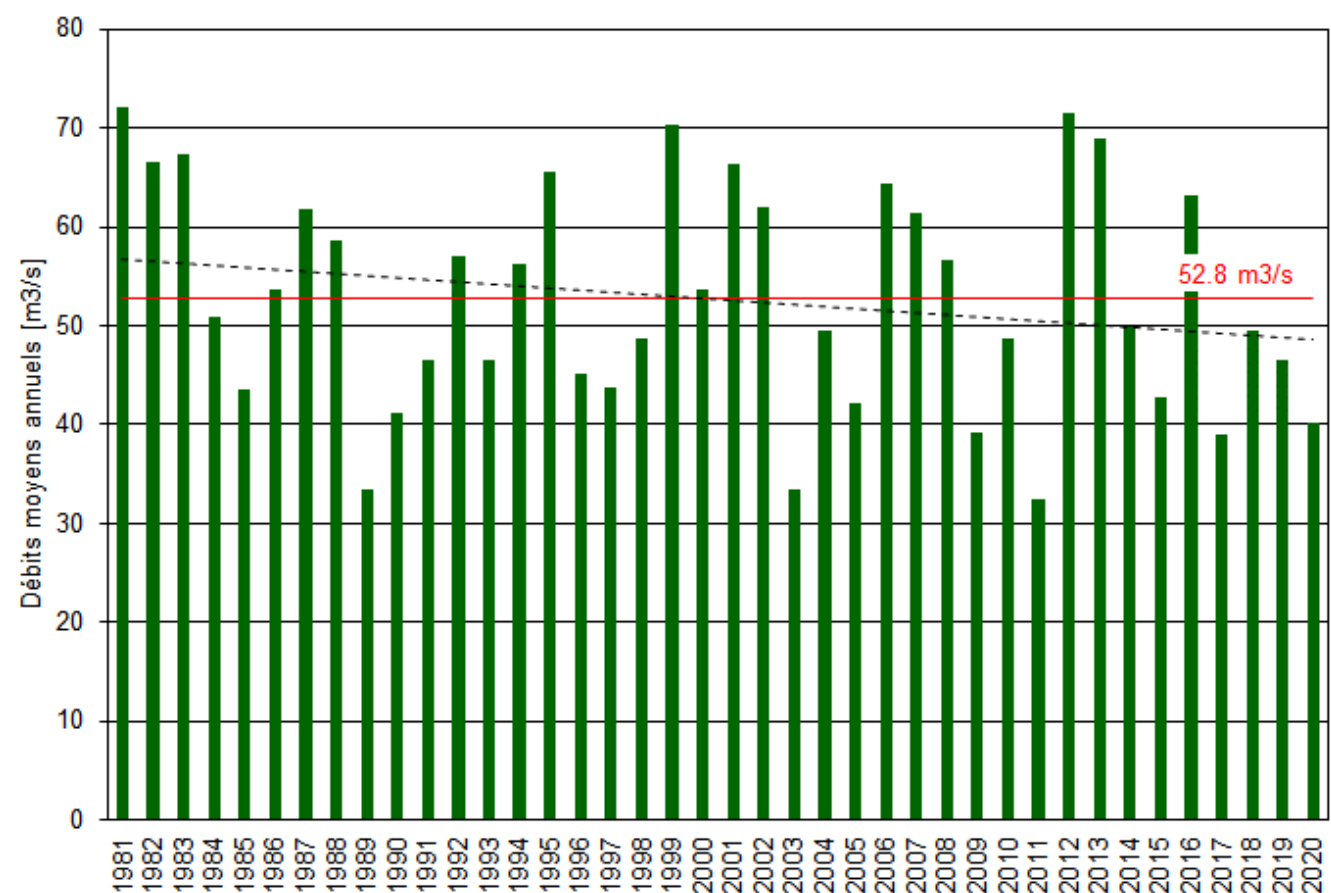
Les courbes ci-dessous résument les données hydrologiques de la Loue au droit de la prise d'eau de la centrale de Roche-sur-Loue :



L'hydrologie au droit de la prise d'eau a été reconstituée selon les données disponibles sur le site de la Banque Hydro sur les 40 dernières années (1981 - 2021)

Il est à noter que la surface de bassin versant au droit de la station de référence de Champagne-sur-Loue mentionnée dans la fiche de la station est de 1 509 km² alors que les mesures indiquent une valeur de 1 260 km² environ. La DREAL qui a été contactée à ce sujet, explique que cette différence est due à la prise en compte de résurgences karstiques (bassin versant souterrain).

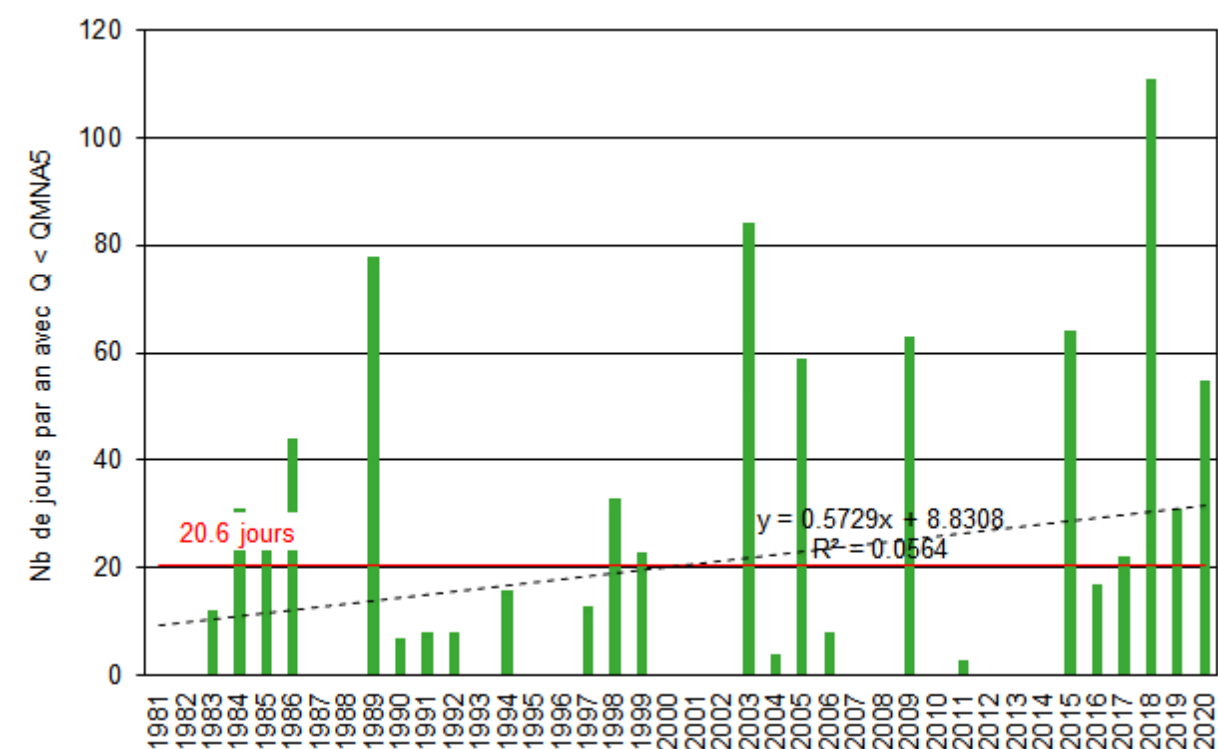
Le graphique ci-après illustre la **variabilité de l'hydraulicité** de la Loue au droit du seuil de Roche-sur-Loue entre 1981 et 2020.



Sur les 40 dernières années, 2011 a été l'année la plus sèche avec un débit moyen annuel de 32.5 m³/s, soit environ 62% du module de la Loue et 1981 a été l'année la plus humide avec un débit moyen annuel de 72.1 m³/s soit environ 136% du module interannuel de la Loue.

Il est précisé qu'une tendance à la baisse est assez visible. Les calculs indiquent une baisse moyenne du module interannuelle de 0.4%/an environ sur les 40 dernières années. Cette tendance s'accompagne d'événements extrêmes plus fréquents et sévères (étiages, crues) et a une conséquence sur le productible.

Le débit d'étiage QMNA5, débit d'étiage ayant, chaque année, la probabilité 0,2 (1/5) de ne pas être dépassé, est estimé par homothétie de bassins versants à partir de la valeur de la station de référence (7.95 m³/s sur les soixante dernières années) à environ 8.1 m³/s. Il est en outre précisé que le nombre de jours par an où le débit de la Loue est inférieur au QMNA5 a tendance à augmenter, surtout ces dernières années, comme l'indique le graphique ci-dessous.



Les débits de crues de la Loue au droit de la prise d'eau ont été reconstitués par homothétie de bassins versants à partir des données disponibles à la station de Champagne-sur-Loue (calculées sur 60 ans).

On obtient ainsi les valeurs estimatives au stade faisabilité suivantes :

Temps de retour	Champagne-sur-Loue	Arc-et-Senans
2 ans	364 m³/s	370 m³/s
5 ans	446 m³/s	453 m³/s
10 ans	500 m³/s	508 m³/s
20 ans	552 m³/s	561 m³/s
50 ans	619 m³/s	629 m³/s

1.3.1.2. Chute brute exploitable et cote d'exploitation

La chute brute est définie comme la différence altimétrique entre le plan d'eau à la cote normale de retenue, à l'amont immédiat de la prise d'eau, et le plan d'eau normal au droit de la restitution au cours d'eau. La chute brute est la valeur généralement indiquée dans le droit d'eau, elle ne tient pas compte des pertes de charge dans le chemin d'eau (canal, conduite forcée, etc.).

Dans l'arrêté préfectoral de la centrale hydroélectrique actuelle, la consistance légale est ainsi décrite à l'article 2 – section aménagée :

Les eaux seront dérivées au moyen :
d'un ouvrage situé à Arc et Senans, lieu-dit Roche sur Loue Pk 965,50 créant une retenue à la cote normale 236,95 N.G.F..
Elles seront restituées à la rivière La Loue à la cote 234,40 N.G.F..
La hauteur de chute brute maximale sera de 2,55 mètres (pour le débit dérivé autorisé).
La longueur du lit court-circuité sera d'environ 500 mètres.

L'arrêté préfectoral actuel est entaché de plusieurs erreurs manifestes, au regard des écarts observés avec la réalité topographique des ouvrages et de la rivière, tels que relevés lors de l'étude de faisabilité. Un relevé complet a ainsi été réalisé par le cabinet Hydrotopo, mettant en évidence :

- des cotes de crête de barrage moyennes de 235,50 m NGF, soit environ 1,40 m en dessous de la cote indiquée dans l'arrêté actuel ;
- une cote d'eau amont de 235,80 m NGF pour un débit de 17 m³/s.

La cote d'exploitation demandée est fixée à 235,71 m NGF. Cette cote a été validée par l'OFB le 22 janvier 2025. Elle correspond à la cote minimale nécessaire au bon fonctionnement de la passe à poissons, telle qu'issue du rapport de réception de l'ONEMA.

Afin de fixer cette cote au niveau du seuil, plusieurs solutions sont envisagées :

1/ Pose d'un madrier en bois en crête de barrage

Cette solution consiste à positionner un madrier en bois de section adaptée directement en crête du barrage existant, de manière à maintenir localement la cote d'exploitation sans déverser jusqu'à 235,71 m NGF. Elle a déjà été mise en œuvre avec succès par Nouvergies sur le seuil de Port-Lesney en 2023, dans un contexte hydrologique comparable. Elle présente l'avantage d'être rapide à mettre en œuvre, peu coûteuse et réversible. Elle nécessite toutefois un entretien régulier (remplacement du bois, vérification du calage altimétrique) et suppose que la crête existante soit suffisamment régulière et continue pour garantir un appui stable du madrier sur l'ensemble du linéaire. Cette solution sera confirmée ou écartée après le relevé de planéité détaillé complémentaire prévu avant travaux.

2/ Réalisation d'une assise béton à la cote 235,60 m NGF complétée par un madrier bois de 11 cm

Cette solution consiste à réaliser une reprise béton en crête de seuil, reprofilant la surface existante jusqu'à la cote 235,60 m NGF par une longrine en béton, basse et ancrée, sur l'ensemble du linéaire, puis à poser par-dessus un madrier en bois de 11 cm d'épaisseur permettant d'atteindre la cote d'exploitation cible de 235,71 m NGF. Ce dispositif présente l'avantage d'offrir une base régulière, continue et parfaitement nivelée, indépendamment des irrégularités de la crête existante, sur laquelle le madrier s'appuie de manière homogène. Il améliore ainsi significativement la tenue et la précision altimétrique du dispositif dans le temps par rapport à la solution 1. L'intervention de coulage de la longrine sur des pré scellés métalliques reste légère et non destructrice pour l'ouvrage existant. Elle nécessite néanmoins une phase de coffrage et de coulage en site hydraulique, à coordonner avec les périodes de bas débit.

3/ Réalisation d'une longrine béton à la cote 235,71 m NGF

Cette solution consiste à couler uniquement une longrine en béton en crête de seuil, scellée dans l'ouvrage existant par l'insertion de fers à béton pré scellés, implantés tous les mètres et calés en partie haute à 235,69 m NGF. L'enrobage de ces fers par la longrine garantit un calage altimétrique de l'arête finale à 235,71 m NGF avec une précision millimétrique, tout en assurant une liaison mécanique solide et pérenne avec le corps du barrage. Cette

solution est la plus robuste et la plus durable des trois : elle nécessite moins d'entretien ultérieur et ne comporte aucun élément mobile susceptible de se déplacer ou de se dégrader. Elle implique en revanche une intervention plus soignée en phase chantier (mise en place des fers, coffrage, coulage) et une vérification rigoureuse des cotes avant bétonnage. Elle sera privilégiée si le relevé planimétrique révèle des irrégularités importantes de la crête existante rendant les solutions 1 et 2 moins fiables.

Le choix définitif entre ces solutions sera effectué au stade des études d'exécution, sur la base d'un relevé complémentaire de la crête dans la partie centrale du seuil et après validation avec le propriétaire de l'ouvrage.

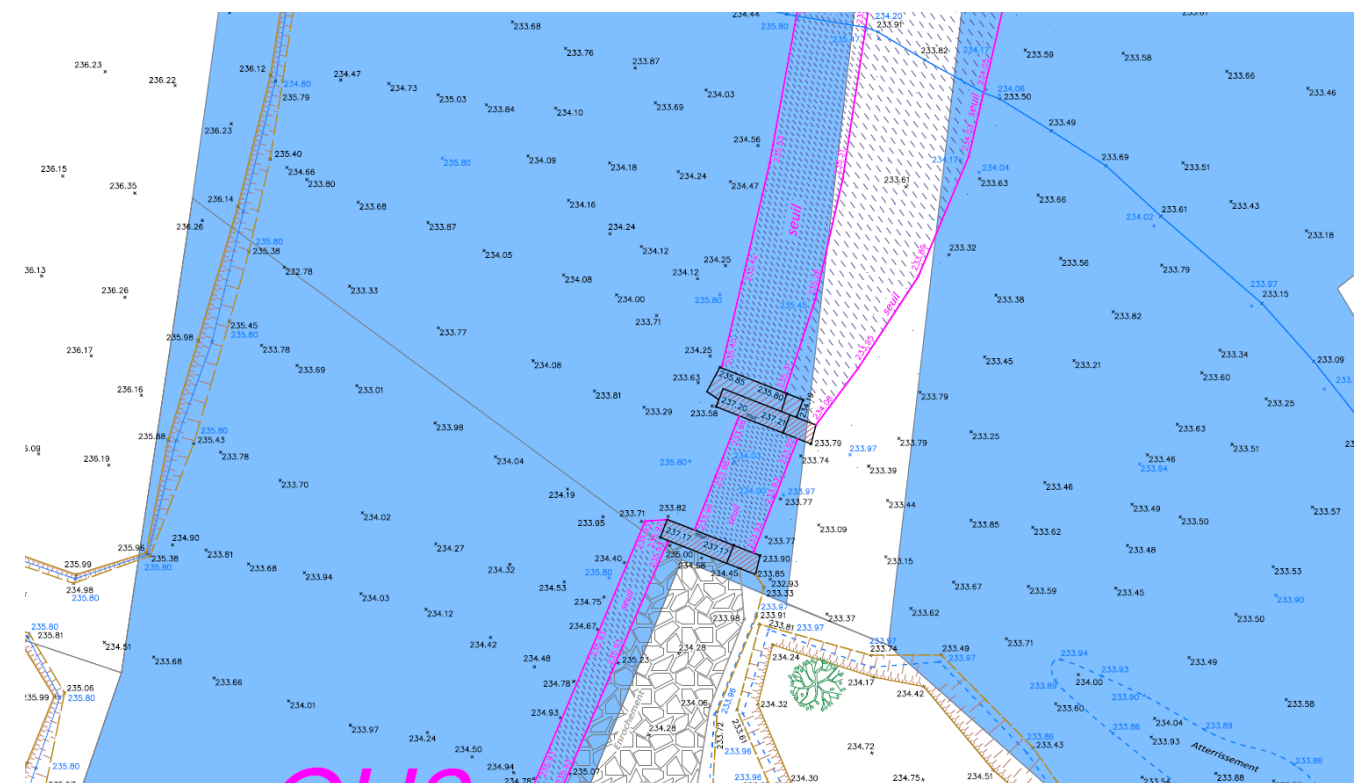
Dans tous les cas, la solution retenue devra garantir une cote d'exploitation à 235,71 m NGF, depuis le débit minimum de surverse jusqu'à la somme des débits d'équipement des deux groupes.

Avec cette cote d'exploitation, le projet n'a aucun impact sur le barrage amont du moulin de Larnaud : la cote d'exploitation demandée (235,71 m NGF) reste identique à l'actuelle, sans modification du niveau d'eau amont ni des débits dérivés vers l'aval. La ligne d'eau et les débits naturels sont préservés en toutes conditions hydrauliques.

Au droit du barrage de Roche un relevé topographique a été effectué en période de plus faible débit (débit de la Loue = 17.30 m³/s soit environ 33% du module interannuel du cours d'eau) par le cabinet Hydrotopo. Lors de ce relevé les niveaux d'eau en amont et en aval du barrage ont été relevés. Dans le cas présent, le niveau amont est celui de la retenue à l'amont du seuil et le niveau aval est celui à la restitution au cours d'eau, au pied du seuil.

- Cote du plan d'eau amont : 235.80 m NGF
- Cote du plan d'eau aval (point bas aval) : 233.86 m NGF
- Chute brute le 25/03/2022 : 235.80 m NGF - 233.86 m NGF = 1.94 m

Dans le cadre de l'étude de faisabilité, une campagne de mesures de niveaux d'eau a été réalisée en amont et en aval du barrage afin d'évaluer les variations de niveaux en fonction du débit de la Loue. Des sondes piézométriques ont été installées au printemps 2022 dans la retenue à l'entrée du canal d'amenée et à l'aval du seuil. Cette campagne, menée de mi-mars à mi-mai 2022, a permis de couvrir une large gamme de débits de la Loue (de l'étiage à environ 220 m³/s), et d'estimer une loi $H_b=f(Q)$ au droit du seuil.

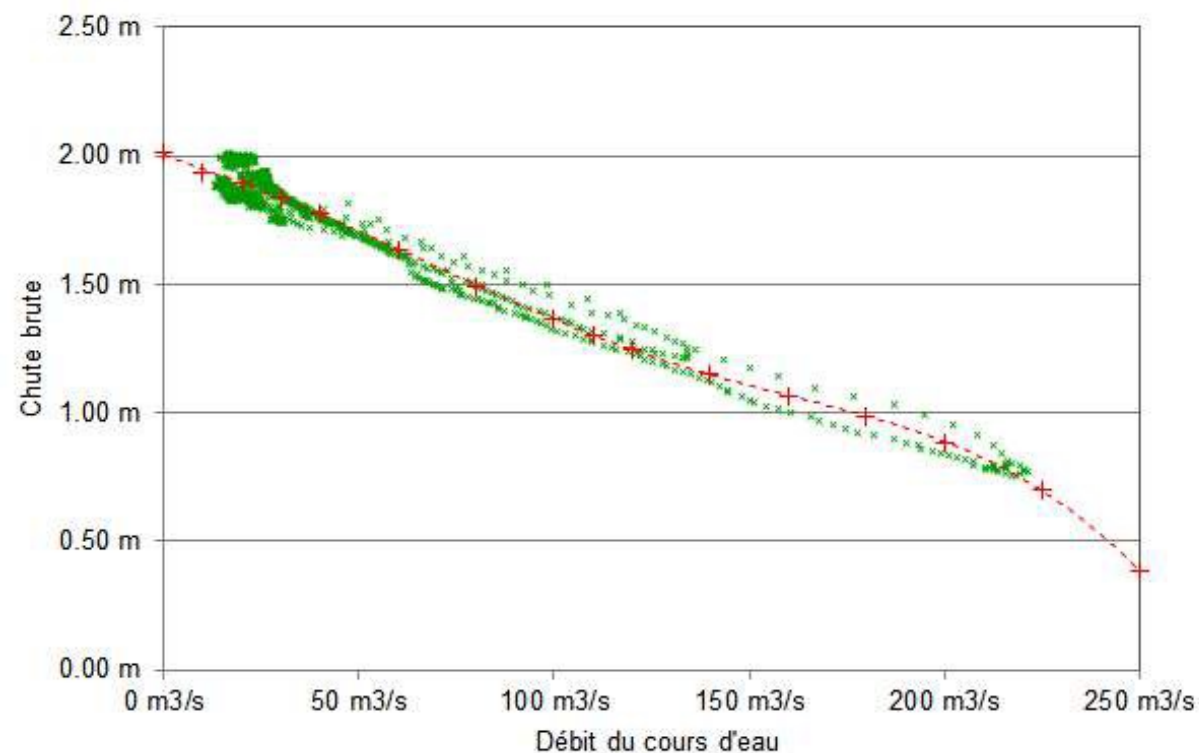


Relevés topographique réalisés dans le cadre de l'étude de faisabilité

Ces mesures ont enregistré des niveaux d'eau correspondant à des débits inférieurs à celui rencontré lors de la réalisation du relevé topographique. Ainsi la chute brute maximale enregistrée au droit du seuil sur la zone d'implantation potentielle, lors de cette campagne est égale à 2.00 m.

La chute brute maximale prise en compte dans la présente étude est donc de 2.00 m.

La diminution de la chute brute exploitable, phénomène appelé également effacement, est un facteur important de réduction de la production pour les aménagements de basse chute. En effet, lors de crues, le niveau du plan d'eau montant plus vite à l'aval qu'à l'amont, la chute brute exploitable diminue. Cette différence de hauteur peut totalement disparaître en cas de forte crue. Au contraire, en période d'étiage elle devient maximum alors que les débits turbinables sont minimums.



Evolution de la chute brute au droit du barrage en fonction du débit de la Loue entre le 15/03/2022 et le 18/05/2022 et Coubre d'effacement interpolée.

Débit réservé, débit d'alimentation de la passe à poisson et du canal des salines

L'implantation de la centrale au droit du seuil de Roche-sur-Loue n'entraîne pas la création d'un nouveau tronçon court-circuité. Le projet repose au contraire sur une meilleure répartition des débits au droit du seuil, de manière à limiter les débits dérivés vers la centrale existante et à maintenir les fonctionnalités hydrauliques, écologiques et d'usage du site.

Le débit réservé légal actuel au droit de l'aménagement est fixé à 5,3 m³/s, soit 10% du module interannuel de la Loue. Dans le fonctionnement projeté, ce débit de restitution des débits au droit du seuil doit être distingué entre, d'une part, les débits maintenus directement au barrage pour assurer les fonctionnalités écologiques et les usages, et, d'autre part, les conditions particulières d'alimentation du canal des Salines.

Part non turbinée (3,0 m³/s), restituée en permanence directement au droit du barrage :

- Passe à poissons : 1,2 m³/s
- Passe à canoë : 0,3 m³/s
- Débit d'attrait en rive gauche du seuil : 1,0 m³/s
- En cas de turbinage au seuil NON ichtyo compatible : Dévalaison piscicole : 0,5 m³/s

Le débit alloué au canal des Salines (0,5 m³/s), conformément à l'article 9 du droit d'eau du 6 février 1998, est quant à lui assuré par le canal de fuite aval de la centrale existante, qui reste en permanence connecté à la rivière.

Il n'est donc pas comptabilisé dans le débit non turbiné restitué directement au barrage.

La part complémentaire du débit réservé attendu (2,3 m³/s), dont le mode de transit dépend des conditions hydrologiques est par ailleurs garanti :

- Lorsque le débit de la Loue est supérieur au débit d'armement de la première turbine au seuil T1 en production, ces 2,3 m³/s transitent par la turbine T1, avec maintien de la cote d'exploitation à 235,71 m NGF et absence de surverse par-dessus la crête de barrage. Ce régime devrait être celui principalement observé avec un Qarm de 1,5m³/s à 4,05m³/s (15% du Qeq) en fonction du scénario pour la turbine T1. Si le scénario de turbinage par une vis est retenu, cette turbine T1 elle devrait être en fonctionnement quasi permanent sauf étiage très très sévère < 5m³/s
- Lorsque le débit de la Loue est inférieur au débit d'armement de la première turbine au seuil T1 en production, ces 2,3 m³/s transitent par surverse sur le barrage, créant une lame d'eau de l'ordre de 3 cm et donc une cote de retenue légèrement supérieure à 235,71 m NGF. Cette surcharge altimétrique limitée a été jugée sans incidence sur le fonctionnement de la passe à poissons et de la passe à canoës, conformément à la position de l'OFB (mail du 2 avril 2026).

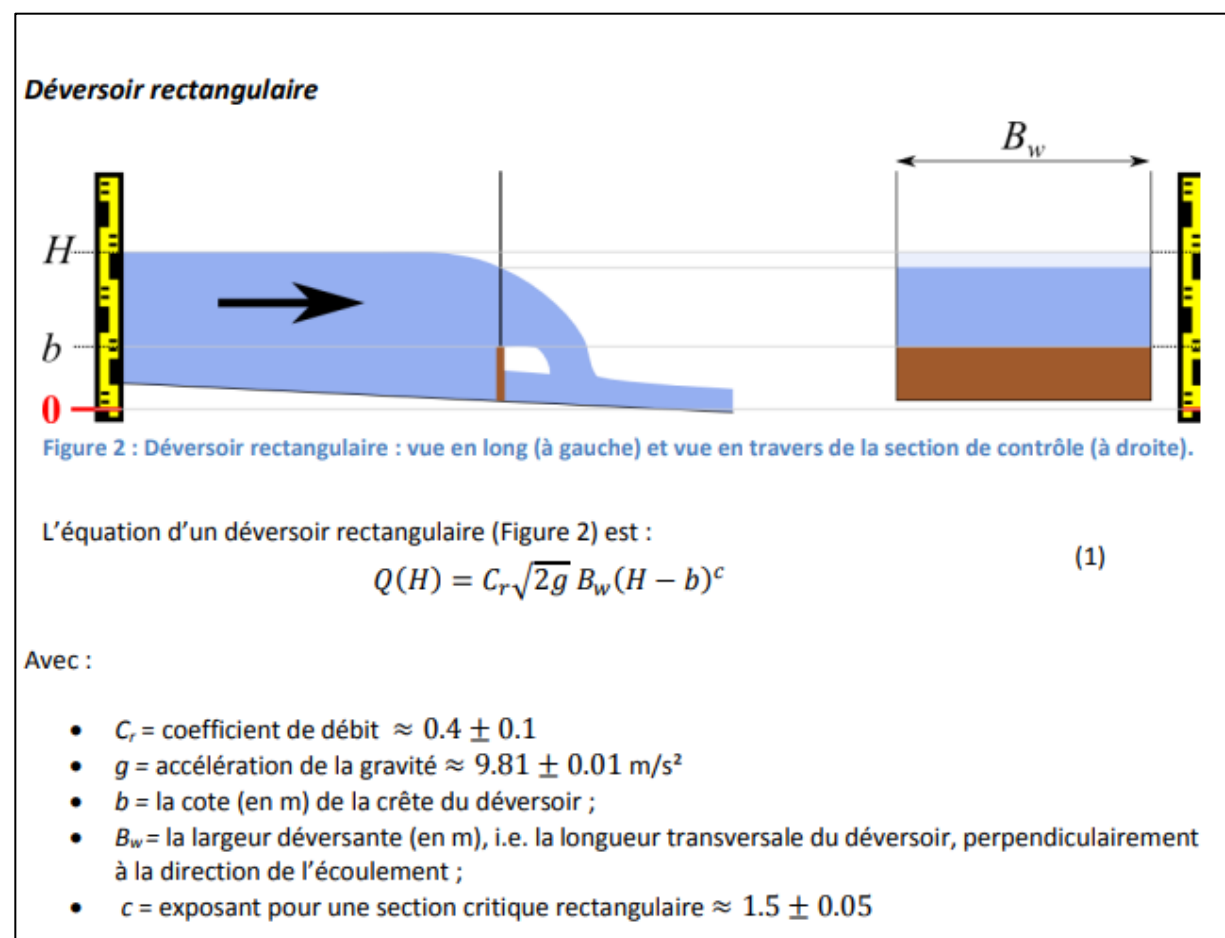
Le projet garantit le maintien de la retenue sous la cote 236,00 m NGF pour les débits inférieurs à deux fois le module ($\leq 105 \text{ m}^3/\text{s}$), conformément à la position de l'OFB exprimée le 2 avril 2026, afin de préserver le bon fonctionnement de la passe à poissons.

S'agissant du débit d'attrait de 1,0 m³/s en rive gauche du seuil, le projet prévoit de ménager une échancrure localisée en crête du barrage, en pointe amont, à proximité de la passe à canoës-kayaks, tout en respectant une distance minimale de 5 m afin de limiter les effets de remous et de préserver les conditions de franchissement des embarcations. Cette distance minimale fera l'objet d'une prescription dans l'arrêté préfectoral.

Les largeurs d'échancrure ont été calculées à partir de la loi de déversoir rectangulaire retenue dans le dossier technique. Le projet vise désormais à limiter la lame d'eau au droit de cette échancrure à une valeur comprise entre 7 et 10 cm. Dans ce cadre, les scénarios présentés ci-après correspondent à trois variantes de dimensionnement reposant sur une reprise générale de la crête du barrage par une semelle béton calée à la cote d'exploitation de 235,71 m NGF.

À ce stade, le niveau exact de la crête du seuil, mètre par mètre, dans la zone projetée, n'est pas encore connu avec une précision suffisante. Un relevé topographique complémentaire sera réalisé avant travaux afin d'affiner le calage altimétrique de la semelle béton, de préciser le linéaire exact utile au transit du débit d'attrait et de confirmer ou, le cas échéant, d'ajuster les dimensions présentées ci-dessous.

Trois solutions sont proposées. Le choix définitif fera l'objet d'un accord entre les services de l'État, l'OFB et la FFCK, et sera prescrit dans l'arrêté préfectoral. Les largeurs d'échancrure ont été calculées selon la loi de déversoir rectangulaire suivante :



Il convient de préciser qu'à ce stade, le niveau exact de la crête du seuil mètre/mètre dans la zone de l'échancrure projetée n'est pas encore connu avec précision. La valeur de 235,53 est celle retenue selon le relevé topographique actuel. Un relevé planimétrique complémentaire sera réalisé avant travaux sur cette section spécifique du barrage. Ce relevé permettra d'affiner le calage altimétrique de l'assise béton, de préciser le linéaire exact non équipé de madrier nécessaire pour atteindre le débit d'attrait cible de 1,0 m³/s, et de confirmer ou d'ajuster les dimensions retenues à ce stade.

La position exacte de l'échancrure devra respecter une distance minimale de 5m par rapport à la passe à canoës afin de limiter tout effet de remous susceptible de perturber le franchissement des embarcations.

Solution 1 – Échancrure par absence de madrier (*privilégiée*)

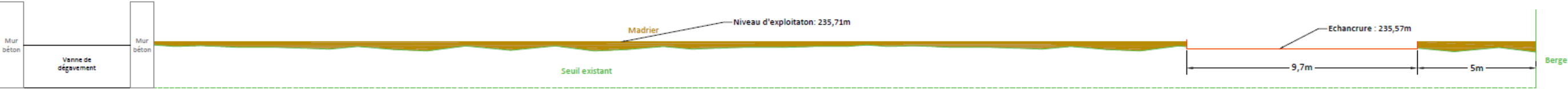
Cette solution consiste à réaliser la semelle béton en crête de barrage à la cote générale de 235,71 m NGF, puis à ménager en rive gauche une échancrure très large par interruption locale de cette semelle. Le fond de l'échancrure serait calé à environ 235,64 m NGF, soit un abaissement de 7 cm par rapport à la cote d'exploitation générale.

Pour assurer le transit d'un débit d'attrait de 1,0 m³/s avec une lame d'eau d'environ 7 cm, la largeur théorique nécessaire est de l'ordre de 47,5 m. Cette solution est celle qui limite le plus la hauteur d'eau et la vitesse d'approche au droit du seuil. Elle présente en outre l'avantage d'être peu intrusive, de limiter les interventions lourdes dans le corps du barrage et de s'inscrire dans une logique de travaux réduits, au prix d'un linéaire d'échancrure important.

Le décalage d'au moins 5 m entre l'échancrure et la passe à canoës, validé par l'OFB dans son courrier du 2 avril 2026, présente plusieurs avantages complémentaires : il permet d'éviter toute interférence hydraulique entre le débit déversant par l'échancrure et les conditions d'écoulement en entrée de passe à canoës, limite les effets de remous susceptibles de perturber le franchissement des embarcations, et garantit que le courant d'attrait généré par l'échancrure reste bien orienté vers la passe à poissons sans créer de confusion avec l'entrée de la passe à canoës. Ce positionnement contribue ainsi à la lisibilité hydraulique globale du seuil pour l'ensemble des usagers et de la faune piscicole.



Projet de centrale hydroélectrique d'Arc-et-Senans (25) Débit d'attrait - Solution n°1	- Emplacement_Centrale - Seuil calée à 235,71m - Echancrure par absence de madrier, calé à 235,57 m NGF. Longueur de 11m et à plus de 5m de la passe à canoë	Responsable du projet : Quentin MESTDAG quentin.mestdag@nouvergies.com Responsable cartographique : Quentin MESTDAG quentin.mestdag@nouvergies.com NOUVERGIES énergies renouvelables SRC: Lambert 93 - EPSG (2154) Sources: © IGN - 2024, Cadastre Date: 22/04/2026 Echelle : 1 / 2000
---	--	--



Solution 2 – Échancrure large, lame d'eau d'environ 8 à 9 cm

Cette solution repose également sur une semelle béton générale calée à 235,71 m NGF, avec une interruption ou un abaissement localisé en rive gauche. Le fond de l'échancrure serait calé entre 235,62 m NGF et 235,63 m NGF, soit un abaissement compris entre 8 et 9 cm par rapport à la cote générale du barrage.

Dans cette hypothèse, la largeur théorique nécessaire est de l'ordre de 38,9 m pour une lame d'eau de 8 cm, et de 32,6 m pour une lame d'eau de 9 cm. Cette solution constitue un compromis entre limitation de la lame d'eau, réduction du linéaire d'échancrure et bonne maîtrise des vitesses d'approche.

Solution 3 – Échancrure large, lame d'eau maximale de 10 cm

Cette solution consiste à réaliser la semelle béton générale à 235,71 m NGF et à ménager localement une échancrure calée à environ 235,61 m NGF, soit un abaissement de 10 cm par rapport à la cote d'exploitation.

Avec une lame d'eau de 10 cm, la largeur théorique nécessaire pour assurer le transit de 1,0 m³/s est de l'ordre de 27,8 m. Cette solution est celle qui présente l'emprise longitudinale la plus réduite parmi les variantes compatibles avec l'objectif hydraulique retenu, tout en restant dans la plage cible de lame d'eau comprise entre 7 et 10 cm. Elle induit toutefois une vitesse d'approche un peu plus marquée que les solutions précédentes.

Suite aux derniers échanges intervenus dans le cadre de l'instruction, la solution n°1 est privilégiée à ce stade. Elle repose sur la création d'une échancrure large et faiblement déprimée, cohérente avec l'objectif de maintenir une lame d'eau comprise entre 7 et 10 cm pour le transit du débit d'attrait de 1,0 m³/s, et avec le principe de reprise de la crête par une semelle béton calée à la cote d'exploitation. Cette solution sera précisée sur la base du relevé topographique complémentaire avant travaux et fera l'objet d'une validation dans le cadre des échanges avec les services compétents.

Concernant le Canal des Salines, situé en rive droite du canal de fuite de la centrale existante, bénéficie d'un débit minimum de salubrité de **500 l/s**, conformément à l'article 9 du droit d'eau du 6 février 1998. Le maintien de ce débit par l'amont engendrerait un allongement très significatif du tronçon court-circuité.

Le canal de fuite de la centrale existante est connecté en permanence à la rivière par son extrémité aval : le fond du canal rejoint progressivement le niveau de la Loue jusqu'à la confluence, garantissant ainsi une alimentation continue du canal des Salines y compris en période d'étiage. Il est rappelé que compte de la section passante du canal en l'état, le débit transitant est probablement supérieur au débit de salubrité préconisé. Ce débit est alimenté par le débit restitué des turbines actuelles et par les remontées avales.

Le canal de fuite est alimenté par l'amont lorsque la centrale est en fonctionnement.

Fort de ce constat, le pétitionnaire propose de **ne pas maintenir un débit de salubrité de 500 l/s** en provenance du canal d'amenée, mais d'assurer l'alimentation du canal des Salines uniquement depuis le canal de fuite de la centrale existante.

Le maintien d'un débit de 500 l/s par l'amont pourrait ainsi être suspendu durant toutes les périodes où le canal de fuite est alimenté, soit par la turbine T2 en fonctionnement, soit par les remontées en provenance de l'aval.

L'exploitant s'assurera que le canal de fuite demeure en eau en toutes circonstances, y compris en période d'étiage. En l'état, le canal de fuite n'a jamais été déconnecté hydrauliquement du lit de la rivière.

Cette approche permet de réduire de 500 l/s le débit ne transitant pas dans le tronçon court-circuité entre le seuil et la confluence.

La prescription définitive relative au maintien ou non de ce débit de salubrité sera fixée dans l'arrêté préfectoral.

Le débit réservé légal reste fixé à 5,3 m³/s. Dans le fonctionnement projeté, il se décompose comme suit :

- Qr mini maintenu en permanence au barrage : 3,0 m³/s, comprenant :
 - Passe à poissons (Qpàp) : 1,2 m³/s
 - Passe à canoës (Qpàc) : 0,3 m³/s
 - Débit d'attrait (Qattrait) : 1,0 m³/s
- En cas de solution de turbinage au seuil non ichtyocompatible, la dévalaison piscicole (Qdév) : est fixée à 0,5 m³/s
- Part complémentaire (2,3 m³/s), dont le mode de transit dépend des conditions hydrologiques :
 - Tant que le débit de la Loue reste inférieur à la somme du Qr + débit d'armement de la turbine T1 (Qarm entre 1,5 et 4,05 m³/s), le débit complémentaire au Qr, restitué au seuil, transite par effet de surverse par-dessus les madriers, induisant une lame d'eau de faible hauteur sur le seuil.
 - Dès que le débit de la Loue atteint le débit d'armement, la turbine T1 prend en charge ces 2,3 m³/s, avec maintien de la cote d'exploitation à 235,71 m NGF et absence de surverse.

Après armement de la première turbine au seuil T1, la répartition des débits est assurée conformément au mode d'exploitation retenu, dans le respect du Qr mini de 3,0 m³/s maintenu au barrage et des obligations relatives au canal des Salines selon les prescriptions qui seront retenues dans l'arrêté préfectoral.

1.3.2. Scénarios techniques envisagés

Au stade des études préalables, plusieurs scénarios d'équipement ont été examinés de manière comparative, afin d'apprécier, pour un même objectif d'aménagement, les avantages et contraintes respectifs de chaque solution au regard des enjeux hydrauliques, environnementaux, techniques et d'exploitation propres au site. Cette démarche a permis d'éclairer l'orientation retenue par le pétitionnaire. À ce stade de l'instruction, le pétitionnaire privilégie la solution technique intégrant des vis hydrodynamiques, reconnues comme ichtyocompatibles et particulièrement adaptées aux caractéristiques du site ainsi qu'aux enjeux environnementaux identifiés.

Le projet prévoit également, l'automatisation de la vanne existante du barrage, afin de renforcer la gestion hydraulique de l'ouvrage, d'assurer le respect du débit réservé en cas d'arrêt de la turbine et de garantir le maintien de la cote normale de retenue.

Les solutions de type Kaplan, initialement examinées dans le cadre de l'analyse comparative, ne constituent plus l'hypothèse privilégiée pour la poursuite du projet. Elles sont toutefois maintenues dans le dossier à titre de variantes étudiées, afin de conserver la lisibilité de la démarche d'analyse multicritère ayant conduit au choix technique aujourd'hui privilégié.

1.3.2.1. Scénario n°1 : une turbine Kaplan en siphon

Le scénario n°1 correspond à l'installation d'une turbine Kaplan à double réglage, implantée au droit du seuil, avec un fonctionnement en siphon. Cette solution est envisagée afin d'optimiser la production hydroélectrique en fonction des variations de débit. Elle est identique dans son principe à la solution développée par Nouvergies pour la centrale de Port-Lesney, située à 4 km du seuil d'Arc-et-Senans, dans un contexte hydrologique comparable.

Le fonctionnement en siphon présente l'avantage de s'affranchir de tout organe d'isolement hydraulique en tête de groupe : la coupure est assurée par la rupture du siphon elle-même, ce qui simplifie la conception de l'ouvrage et réduit le coût d'investissement. Sous réserve des études techniques détaillées, le dispositif d'arrêt pourra être adapté si les contraintes de conception, d'exploitation ou de maintenance conduisaient à privilégier une solution de vannage. Cette solution performance est un compromis pour maximiser la production en limitant les investissements. Elle nécessite des coûts d'excavation importants.

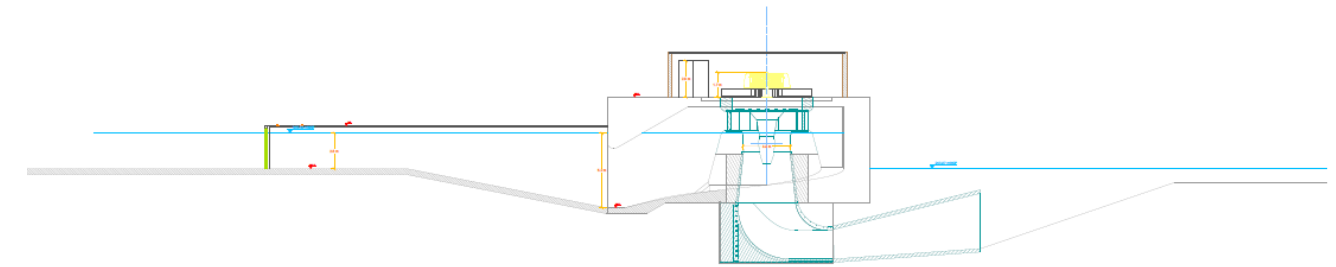
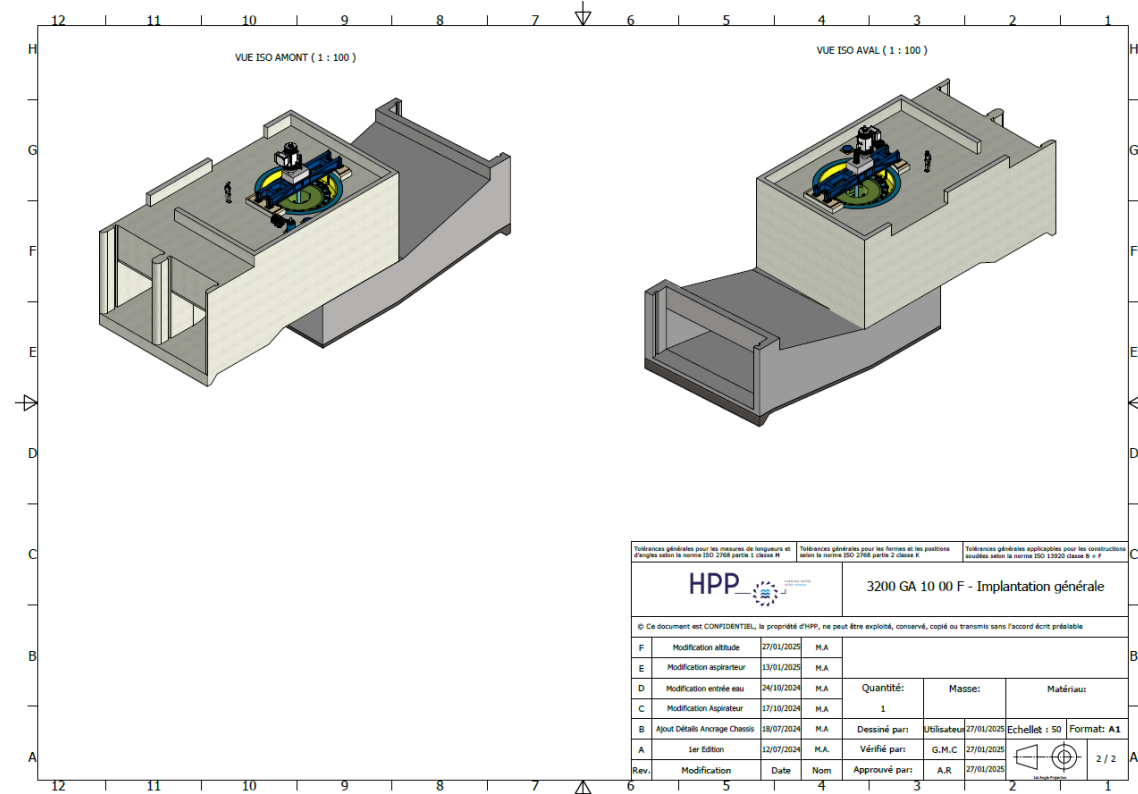


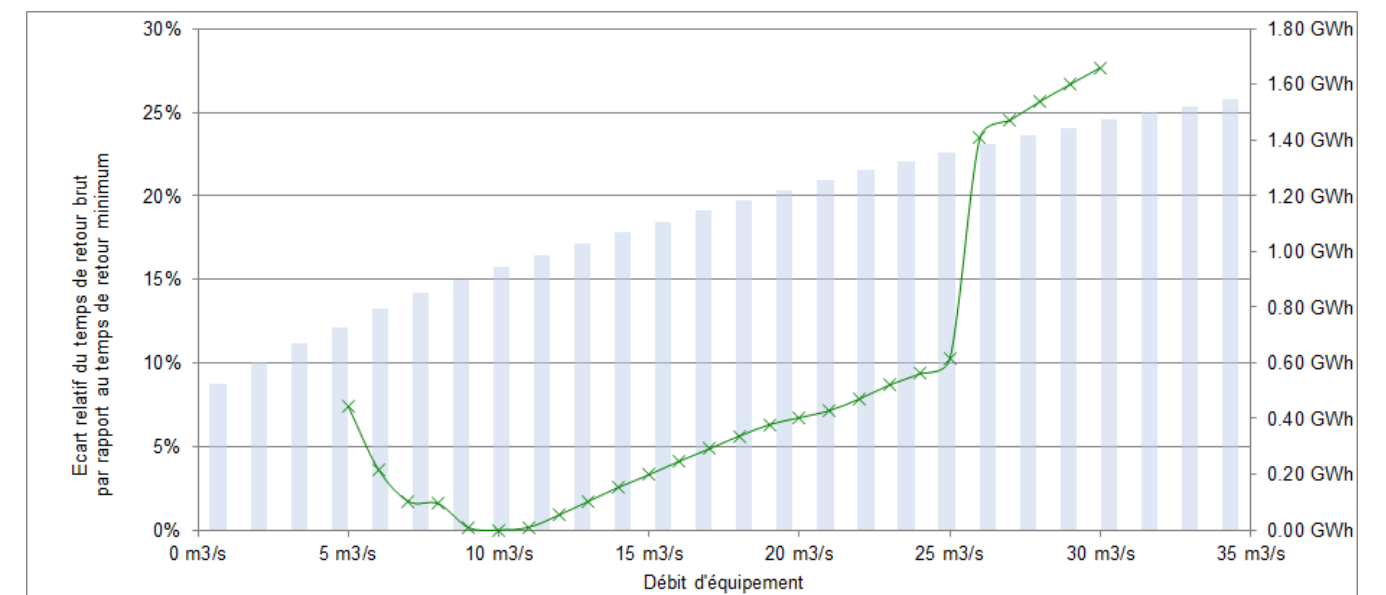
Schéma de principe de l'implantation d'une turbine Kaplan en siphon.

Débit d'équipement

Le débit d'équipement est le débit maximal que les turbines peuvent exploiter. Le débit d'équipement optimal correspond donc à la capacité des turbines à fonctionner un maximum d'heure dans l'année compte tenu des conditions hydrologiques.

En règle générale sur les aménagements de basse chute le débit d'équipement optimal d'une installation se rapproche de la valeur du module du cours d'eau. Cependant l'aménagement du barrage de Roche-sur-Loue présente une configuration particulière puisqu'une centrale est déjà implantée en rive droite de la Loue, à l'aval du canal d'amenée. Le débit d'équipement de l'aménagement situé au niveau du barrage et faisant l'objet de la présente étude prend en compte, les besoins du débit réservé et le débit dérivé par cette centrale historique.

Selon le droit d'eau de la centrale datant du 6 février 1998 le débit maximum dérivé par l'installation existante est de 25 m³/s, soit un débit d'environ 47 % du module de la Loue au droit du barrage. Une étude d'optimisation du débit d'équipement de la nouvelle centrale a donc été menée afin de déterminer le débit d'équipement optimum envisageable en prenant en compte les débits turbinés à la centrale existante ainsi que l'effacement de la chute au niveau du barrage. Les résultats de cette étude sont présentés sur la ci-dessous :



L'étude d'optimisation met en évidence un débit d'équipement théorique optimal autour de 8-9 m³/s, correspondant au meilleur temps de retour sur investissement. La plage comprise entre 9 et 25 m³/s présente des performances économiques proches, avec un écart de rentabilité inférieur à environ 10% par rapport à cet optimum - la dégradation reste donc limitée malgré l'augmentation du débit d'équipement. Une rupture plus marquée apparaît aux alentours de 26 m³/s, correspondant au franchissement du seuil de puissance de 500 kW et au changement de tarif d'achat applicable. Bien que cette rupture induise une hausse sensible du temps de retour, elle s'accompagne d'un gain de production annuelle significatif qui justifie économiquement de retenir un débit d'équipement au-delà de ce seuil.

L'analyse du débit d'équipement ne peut toutefois pas être menée sur la seule base d'un optimum économique théorique. Elle doit également prendre en compte la présence de l'aménagement hydroélectrique existant, les conditions de fonctionnement hydraulique du site, la répartition des débits entre les différents ouvrages ainsi que les contraintes environnementales associées au projet.

Dans cette logique, les caractéristiques d'équipement retenues pour le scénario n°1 sont les suivantes :

- une puissance maximale brute totale de 781 kW pour l'ensemble de l'aménagement, répartie de la façon suivante :
 - 250 kW pour la centrale existante (T2)
 - 531 kW pour la nouvelle centrale projetée (T1) ;
- pour la centrale existante (T2), sur la base d'une hauteur de chute de 2,55 m, un débit d'équipement de 10 m³/s ;
- pour la nouvelle centrale au seuil (T1), sur la base d'une hauteur de chute de 2,00 m, un débit d'équipement de 27 m³/s.

Conception d'équipement

Le scénario n°1 comprend l'installation, au droit du seuil de Roche-sur-Loue, d'un équipement hydroélectrique constitué d'une prise d'eau, d'une grille de protection ichtyocompatible, d'un ouvrage de turbinage intégrant une turbine Kaplan à double réglage en siphon, d'un dispositif de restitution à l'aval immédiat, ainsi que des équipements de contrôle-commande et de régulation nécessaires au fonctionnement de l'installation.

La prise d'eau sera implantée en rive droite, au niveau de la partie du seuil destinée à accueillir le nouvel ouvrage. Elle permettra de capter les débits disponibles au droit du barrage tout en maintenant, au niveau du seuil, les écoulements nécessaires au fonctionnement des ouvrages de continuité écologique et aux autres usages du site.

La prise d'eau sera équipée d'une grille destinée à assurer la protection de l'installation vis-à-vis des embâcles et corps flottants, ainsi qu'à limiter l'entraînement de la faune piscicole vers le circuit de turbinage.

La surface de la grille de prise d'eau a été déterminée sur la base du débit d'équipement de la nouvelle centrale, fixé à 27 m³/s, et du critère de vitesse normale maximale d'approche de 0,50 m/s préconisé par l'OFB pour les grilles ichtyocompatibles. La surface projetée nécessaire résulte directement de l'application de ce critère : $27 / 0,50 = 54 \text{ m}^2$.

En retenant une solution de base avec une inclinaison de la grille à la verticale et barreaux horizontaux — solution identique à celle mise en œuvre par Nouvergies sur la centrale de Port-Lesney — la surface développée correspondante est de l'ordre de 54 m², pour des dimensions indicatives de 18 m de largeur sur 3 m de profondeur développée. L'espacement des barreaux est envisagé à 25 mm, conformément aux pratiques en vigueur sur les aménagements comparables.

Ces valeurs constituent des valeurs établies au stade de la faisabilité. Les caractéristiques précises de la grille — notamment son inclinaison définitive verticale ou inclinée, les modalités de dégrillage automatique et les conditions d'intégration au génie civil — seront arrêtées lors des études d'exécution, en lien avec le constructeur retenu, et feront l'objet d'un porter-à-connaissance travaux soumis à validation des services de l'État et de l'OFB préalablement au démarrage du chantier.

Paramètre	Valeur
Inclinaison	Verticale
Espacement des barreaux	25 mm (identique à Port-Lesney)
Surface projetée	54 m²
Largeur proposée	18 m
Vitesse normale à la grille	0,50 m/s
Dégrilleur	Automatique et horizontal
Dispositif de dévalaison	Goulotte intégrée, 0,5 m³/s

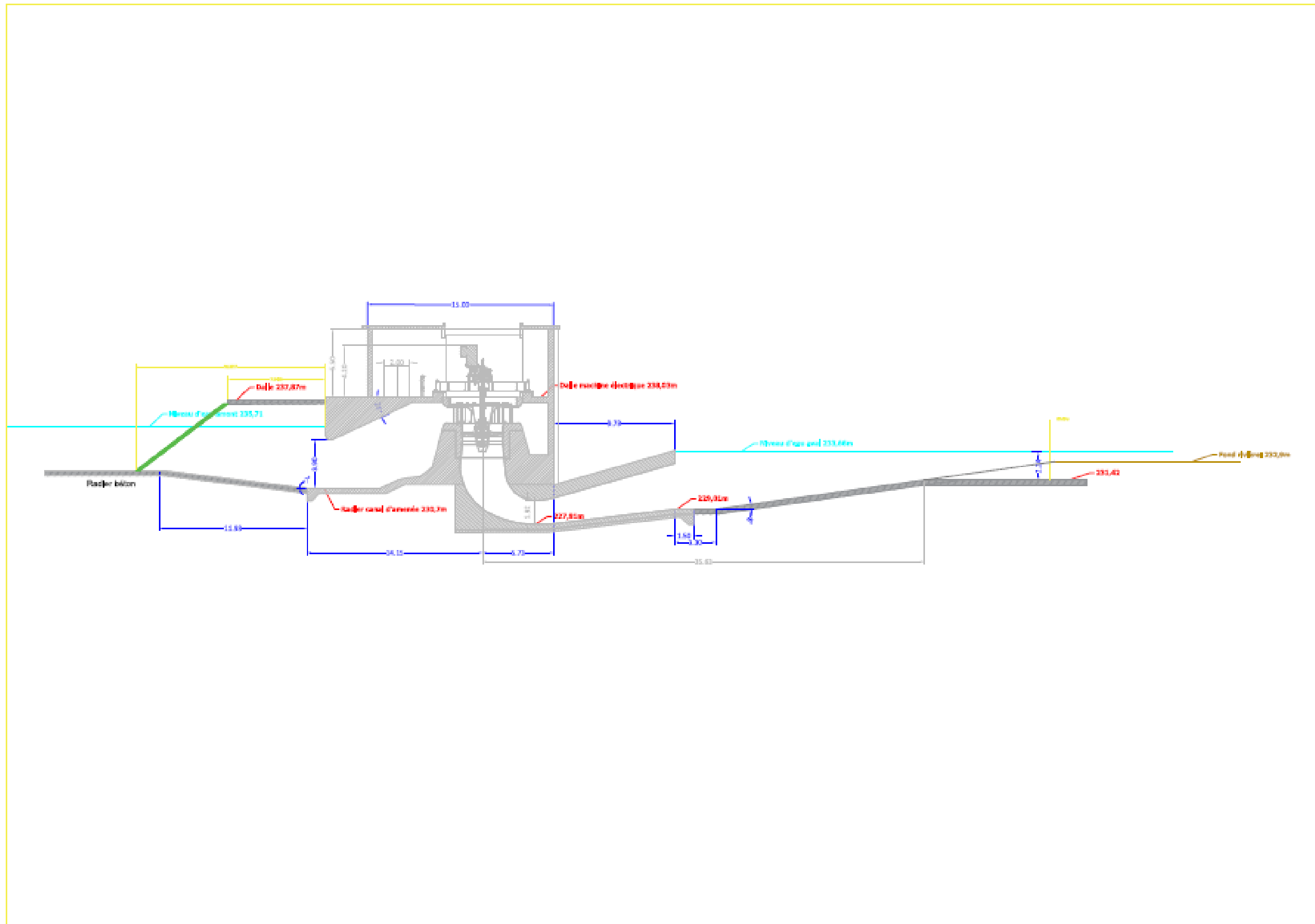
Le fonctionnement en siphon ne nécessite aucun organe d'isolement hydraulique en tête de groupe : la coupure du débit est assurée par la rupture du siphon elle-même, garantissant un arrêt rapide et fiable sans actionneur mécanique. L'ouvrage comprendra la chambre de mise en charge, la turbine Kaplan à double réglage, ses équipements de commande, ses organes de sécurité et l'ensemble des équipements annexes nécessaires à l'exploitation.

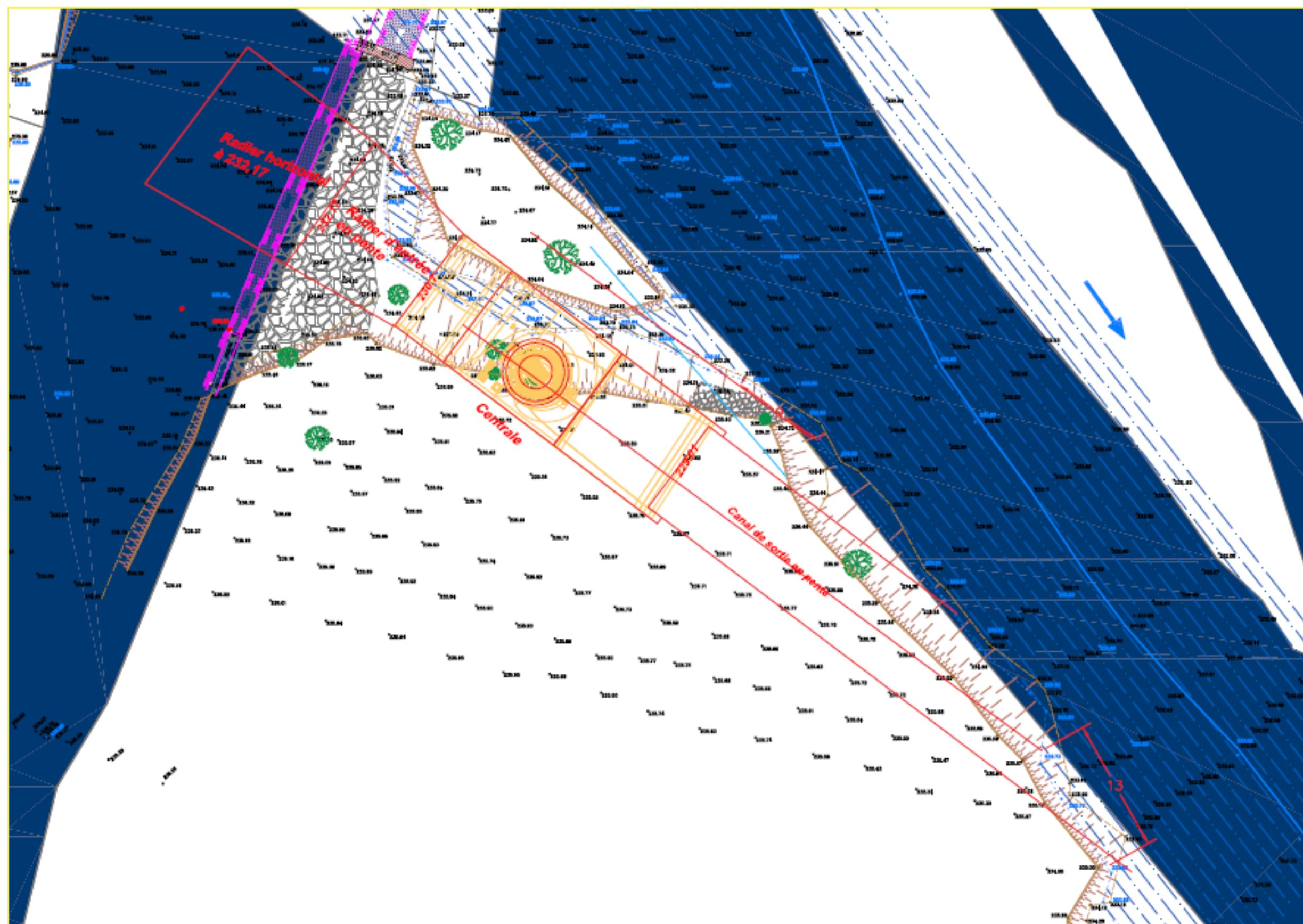
Les eaux turbinées seront restituées à l'aval immédiat de l'ouvrage dans des conditions garantissant la continuité hydraulique du site et la compatibilité avec le fonctionnement des ouvrages existants.

L'installation sera équipée d'automatismes permettant un fonctionnement au fil de l'eau, le maintien de la cote d'exploitation, la gestion des séquences de démarrage et d'arrêt, ainsi que la mise en sécurité automatique de l'équipement en cas d'anomalie ou de crue.

Enfin, le fonctionnement du nouvel équipement sera articulé avec celui de la vanne de dégravage existante au seuil, dont l'automatisation est intégrée au projet (sous réserve de l'accord de l'EPAGE) afin d'améliorer la gestion hydraulique du seuil, la sûreté globale de l'aménagement et le maintien des débits dans le tronçon court-circuité (TCC) pendant les périodes d'arrêt de T1. L'ouverture de cette vanne sera notamment concomitante à la période d'arrêt de la turbine T1 pour garantir en tout temps le transfert du débit complémentaire au Qr de 3m³/s au niveau du seuil.

Ci-dessous les schémas de principes de l'installation envisagée. Le principe d'installation est le même que celle réalisée par Nouvergies pour la centrale de Port Lesney.





I.3.2.2. Scénario n°2 : deux turbines Kaplan inclinées

Le scénario n°2 correspond à l'installation de deux turbines Kaplan, double réglage, inclinées, implantées au droit du seuil en rive droite, selon un principe proche de celui étudié dans le cadre de l'étude de faisabilité. Cette solution est envisagée afin de mieux répartir le turbinage sur plusieurs groupes unitaires, d'améliorer la souplesse d'exploitation de l'aménagement, de permettre un démarrage plus progressif du turbinage en fonction des débits disponibles et de réduire les travaux d'excavation.

Dans ce scénario, chaque turbine disposerait d'un débit d'équipement de 13,5 m³/s, soit un débit d'équipement total de 27 m³/s pour le nouvel aménagement. Le fractionnement de l'équipement en deux groupes permettra d'abaisser le seuil d'armement unitaire de chaque machine et d'autoriser ainsi un début de turbinage plus précoce qu'avec une solution reposant sur une seule machine de plus forte capacité. Néanmoins, ce scénario représente le coût d'investissement le plus élevé. Il nécessite par ailleurs l'installation de deux vannes de tête de chambre de mise en charge. Ce scénario est identique à celui existant sur la centrale actuelle T2.

Débit d'équipement

Le débit d'équipement correspond au débit maximal exploitable par les turbines dans des conditions normales de fonctionnement. Dans le cas du scénario n°2, la réflexion sur le débit d'équipement ne repose pas uniquement sur une logique d'optimisation énergétique globale, mais également sur la possibilité de moduler plus finement le fonctionnement de l'installation grâce à la présence de deux groupes distincts.

En configuration de basse chute, la mise en place de deux turbines de capacité unitaire plus réduite permet d'élargir les possibilités de gestion des débits intermédiaires. Cette configuration présente un intérêt particulier sur le site de Roche-sur-Loue, dans la mesure où elle permet d'améliorer la progressivité du fonctionnement du nouvel aménagement au droit du seuil, tout en conservant une articulation avec la centrale existante située à l'aval du canal d'amenée.

Dans ce scénario, les caractéristiques d'équipement retenues à ce stade sont les suivantes :

- une puissance maximale brute totale de 781 kW pour l'ensemble de l'aménagement, répartie de la façon suivante :
 - 250 kW pour la centrale existante (T2)
 - 531 kW pour la nouvelle centrale projetée (T1) ;
- pour la centrale existante (T2), sur la base d'une hauteur de chute de 2,55 m, un débit d'équipement maintenu à 10 m³/s.
- pour le nouvel aménagement au seuil (T1), deux turbines Kaplan inclinées d'un débit unitaire de 13,5 m³/s, soit un débit d'équipement total de 27 m³/s ;
- un seuil d'armement unitaire estimé à 2 m³/s par turbine, conduisant à une mise en fonctionnement plus précoce et à une adaptation du plan global de fonctionnement hydraulique du site.

La présence de deux groupes de production conduit ainsi à revoir la logique d'exploitation de l'aménagement par rapport au scénario n°1. Le fractionnement du débit d'équipement permet en effet une montée en charge plus progressive et un meilleur rendement pour la valorisation des débits, une meilleure adaptation aux faibles et moyens débits, le lancement de la turbine T2 au point de turbinage actuel juste après le lancement de la turbine T1 au seuil. Cette solution assure le meilleur productible, limite sensiblement la complexité et le coût du terrassement et du génie civil par rapport au scénario 1. Il est aussi le scénario le plus gourmand en capitaux.

Conception d'équipement

Le scénario n°2 comprend l'installation, au droit du seuil de Roche-sur-Loue, de deux équipements hydroélectriques de type Kaplan inclinées à double réglage, associés à leurs prises d'eau, leurs vannes d'arrêt, leurs grilles de protection ichtyocompatible et le système de dévalaison associé, leurs ouvrages de turbinage, leurs dispositifs de restitution et leurs équipements de contrôle-commande. Compte tenu de la puissance électrique unitaire, ces deux installations peuvent faire l'objet d'un raccordement distinct au réseau basse tension.

Les prises d'eau seront implantées en rive droite, dans la zone du seuil destinée à accueillir le nouvel aménagement. Elles permettront de capter les débits disponibles au niveau du barrage et de les répartir entre les deux groupes de production, tout en maintenant au droit du seuil les écoulements nécessaires au fonctionnement des ouvrages de continuité écologique et aux autres usages du site.

Chaque prise d'eau sera équipée d'une grille destinée à protéger les équipements vis-à-vis des corps flottants, embâcles et matériaux grossiers, tout en limitant le risque d'entraînement de la faune piscicole vers les organes de turbinage.

Pour chaque groupe, le débit d'équipement unitaire est de 13,5 m³/s. En appliquant le critère de vitesse normale maximale de 0,50 m/s, la surface projetée nécessaire par grille est de 27 m².

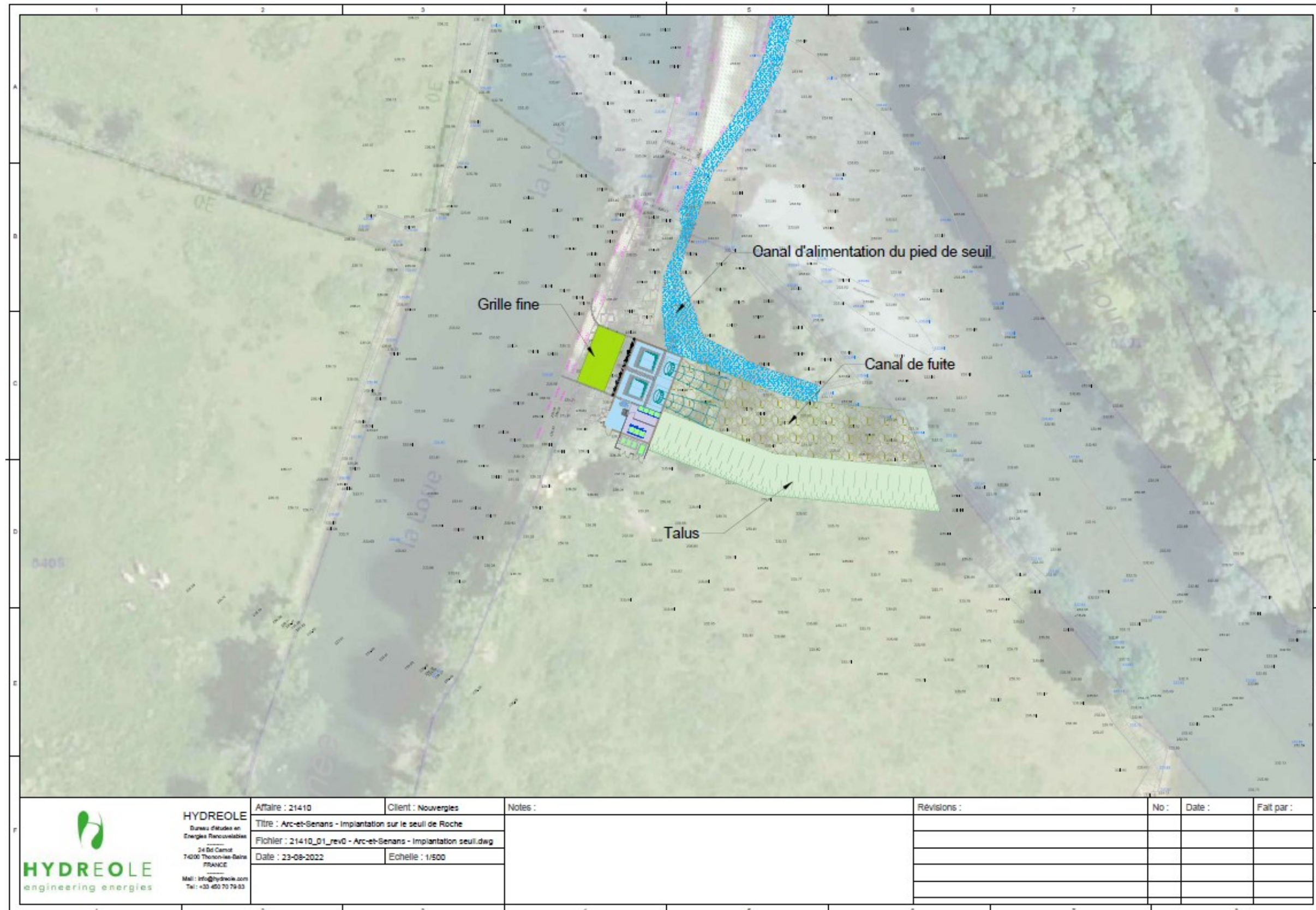
En retenant une solution de base avec une inclinaison de la grille à la verticale et barreaux horizontaux — solution identique à celle mise en œuvre par Nouvergies sur la centrale de Port-Lesney — la surface développée correspondante est de l'ordre de 54 m², pour des dimensions indicatives de 18 m de largeur sur 3 m de profondeur développée. L'espacement des barreaux est envisagé à 25 mm, conformément aux pratiques en vigueur sur les aménagements comparables.

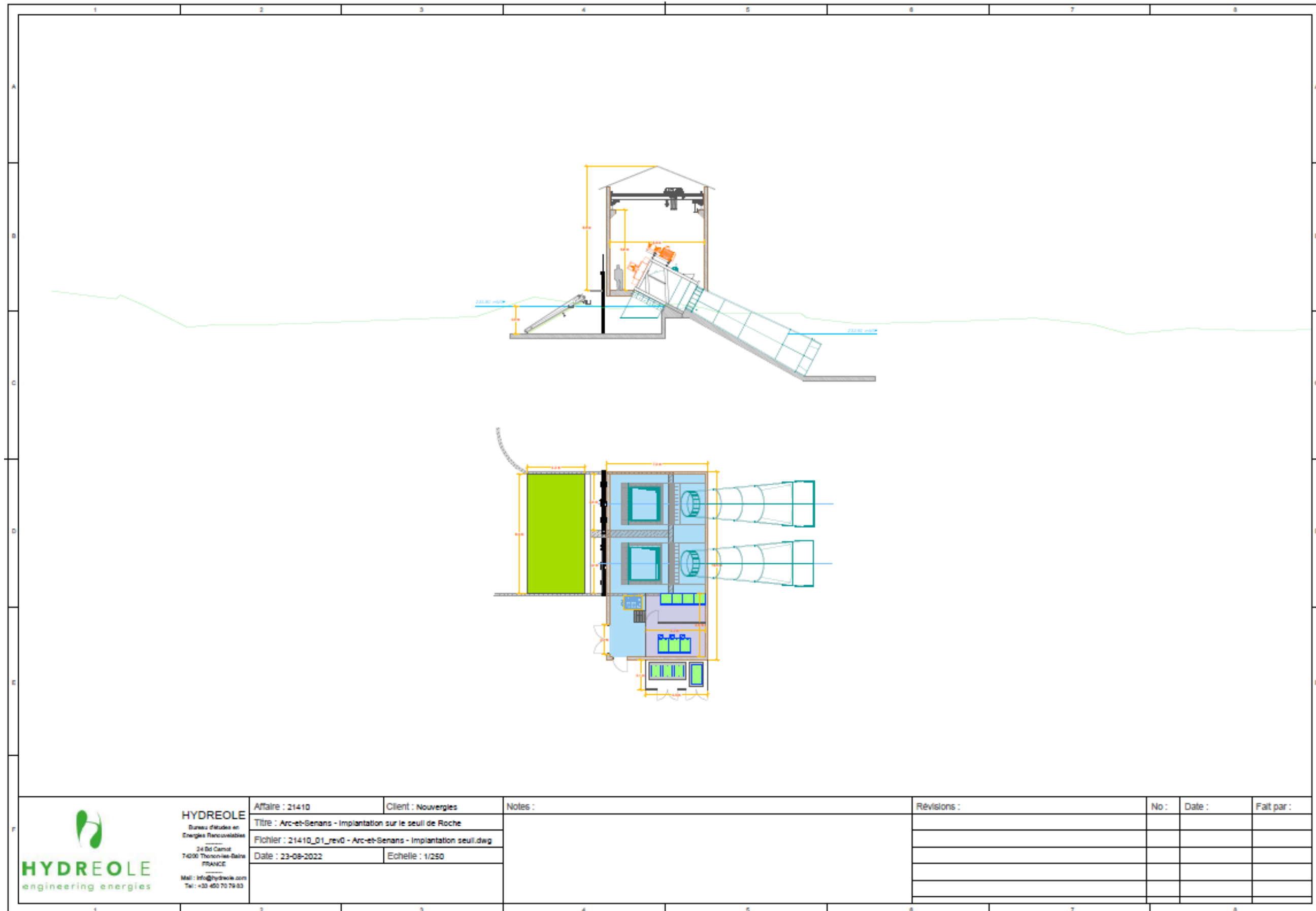
Chaque groupe comprendra une chambre de mise en charge, une turbine Kaplan inclinée à double réglage, les équipements hydromécaniques et électromécaniques associés, ainsi que les organes de sécurité et de commande nécessaires au bon fonctionnement de l'installation. La configuration en deux groupes permettra de mieux adapter l'exploitation aux débits instantanément disponibles, en autorisant le fonctionnement d'une seule turbine à faible débit, puis la mise en service progressive de la seconde lorsque les conditions hydrologiques le permettent.

Les eaux turbinées seront restituées à l'aval immédiat de l'ouvrage dans des conditions garantissant la compatibilité hydraulique avec le site et avec les ouvrages existants, en limitant les perturbations hydrauliques locales.

L'installation sera équipée d'automatismes permettant le fonctionnement au fil de l'eau, la régulation du niveau amont, la gestion indépendante ou couplée des deux groupes, ainsi que la mise en sécurité automatique en cas d'anomalie, de crue ou d'eaux fortement chargées. Cette automatisation devra notamment permettre une montée en charge progressive des turbines en fonction du débit disponible au droit du seuil.

Enfin, le fonctionnement du nouvel équipement sera articulé avec celui de la vanne de dégravage existante, dont l'automatisation sera asservie aux turbines afin d'améliorer la gestion des crues, des phases de dégravage et des situations d'exploitation dégradée. Cette coordination devra également garantir le maintien des écoulements requis au droit du seuil, le bon fonctionnement global de l'aménagement et le maintien des débits dans le tronçon court-circuité (TCC) pendant les périodes d'arrêt de la dernière des deux turbines.





I.3.2.3. Scénario n°3 : trois vis hydrodynamiques

Le scénario n°3 correspond à l'installation de trois vis hydrodynamiques implantées au droit du seuil, en rive droite de la Loue. Cette solution est envisagée afin de valoriser les débits disponibles au niveau du barrage au moyen d'une technologie adaptée aux faibles chutes, aux remontées avalées, aux rivières à forts embacles, et aux chantiers plus contraints par l'excavation. Les vis présentent une bonne robustesse d'exploitation et une compatibilité favorable avec les enjeux piscicoles du site. Nouvergies dispose d'une référence directe sur ce type d'équipement avec la centrale de Pont-du-Navoy.

Le nouvel aménagement sera constitué de trois vis d'un diamètre de l'ordre de 4,20 m, inclinées à environ 15°, d'un débit unitaire de l'ordre de 9,0 m³/s, soit un débit d'équipement total de 27 m³/s. La largeur totale de l'ouvrage sera de l'ordre de 17 à 18 m, et la profondeur du radier aval des vis sera calée aux alentours de la cote 231,60 m NGF limitant les besoins d'excavation à -2m par rapport au terrain actuel.



Vis hydrodynamique réalisée par Nouvergies sur la centrale de Pont-du-Navoy

Débit d'équipement

Le débit d'équipement correspond au débit maximal exploitable par les équipements de production dans les conditions normales de fonctionnement. Dans le cas du scénario n°3, le dimensionnement repose sur la mise en place de trois vis de capacité unitaire de 9,0 m³/s, soit un débit d'équipement total de 27 m³/s pour le nouvel aménagement.

Compte tenu d'une chute disponible comparable à celle des autres scénarios et d'un débit d'équipement total identique, la puissance maximale brute attendue pour ce scénario est du même ordre de grandeur que celle envisagée pour les scénarios Kaplan. Les performances précises de l'installation dépendront toutefois des caractéristiques des vis retenues et de leur rendement mais les premières analyses confirment une diminution du productible de 30% par rapport au meilleur scénario à deux Kaplan.

Dans cette logique, les caractéristiques d'équipement retenues à ce stade pour le scénario n°3 sont les suivantes :

- une puissance maximale brute totale de 781 kW pour l'ensemble de l'aménagement, répartie de la façon suivante : 250 kW pour la centrale existante (T2) et 531 kW pour le nouvel aménagement (T1) ;
- pour la centrale existante (T2), sur la base d'une hauteur de chute de 2,55 m, un débit d'équipement maintenu à 10 m³/s ;
- pour le nouvel aménagement au seuil, trois vis hydrodynamiques (T1, T1', T1'') d'un débit unitaire de 9,0 m³/s, soit un débit d'équipement total de 27 m³/s ;

L'intérêt de ce scénario réside dans la simplicité relative du principe de fonctionnement, l'ichtyocompatibilité des vis, l'absence de grille fine mais uniquement un barreaudage horizontal adapté aux gros embacles ; un simple bras mobile de dégrillage et l'absence d'un dispositif de dévalaison spécifique. Le point d'attention identifié est celui de la gestion des embâcles, très nombreux et très volumineux sur ce site, au niveau de la vanne de décharge. Ils pourraient être tractés le long de la grille de l'amont vers l'aval pour ceux n'étant pas capables de transiter par-dessus le seuil sans assistance. Cette solution permet également de limiter les opérations d'excavation.

Conception d'équipement

Le scénario n°3 comprend l'installation, au droit du seuil de Roche-sur-Loue, de trois vis hydrodynamiques avec leurs ouvrages d'alimentation, leurs dispositifs de protection, leurs structures de support, leurs dispositifs de restitution et leurs équipements de contrôle-commande.

Les prises d'eau seront implantées en rive droite, dans la zone du seuil destinée à accueillir le nouvel aménagement. Elles permettront d'alimenter chacune des trois vis à partir des débits disponibles au barrage, tout en maintenant au droit du seuil les écoulements nécessaires au fonctionnement des ouvrages existants, à la continuité écologique et aux autres usages du site.

Chaque vis sera associée à un dispositif de protection adapté à la technologie retenue, destiné à limiter l'introduction de corps flottants ou d'embâcles susceptibles de perturber le fonctionnement des équipements. La technologie des vis hydrodynamiques étant ichtyocompatible, elle ne nécessite pas de dispositif spécifique de dévalaison, ni de grille fine ou de dégrilleur automatique. Le transit piscicole, tant pour la dévalaison que pour les espèces benthiques, est assuré par le principe même de fonctionnement de la vis, sans risque significatif de blessure ou de mortalité pour la faune piscicole.

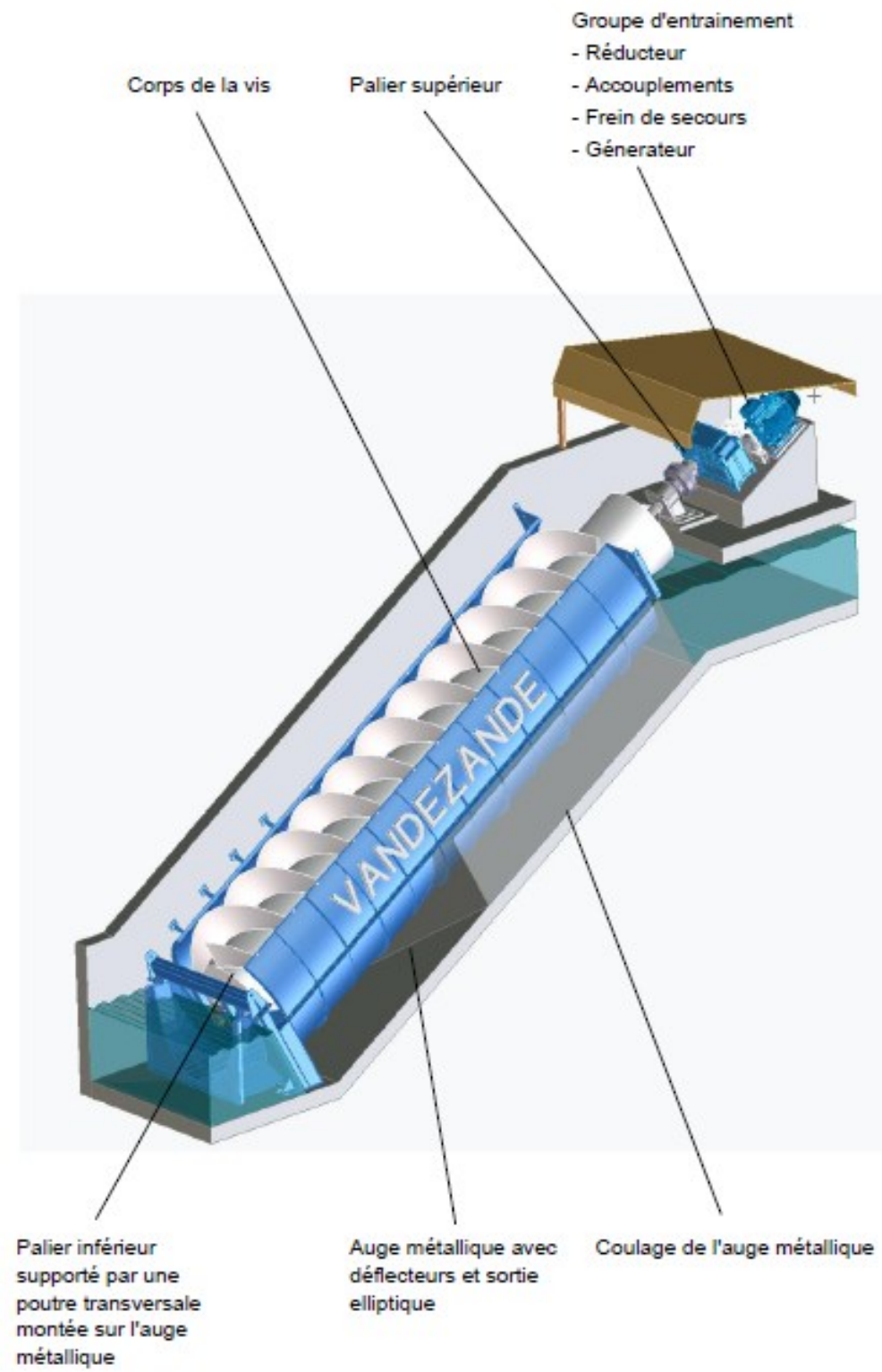
Les ouvrages de turbinage comprendront les structures de support des vis, les organes d'alimentation hydraulique, les équipements de transmission et de production électrique, ainsi que l'ensemble des dispositifs de commande et de sécurité nécessaires à l'exploitation. Par rapport aux solutions Kaplan, cette configuration pourrait conduire à des ouvrages de génie civil plus simples ou moins profonds, sous réserve des caractéristiques finales d'implantation et des contraintes géotechniques du site.

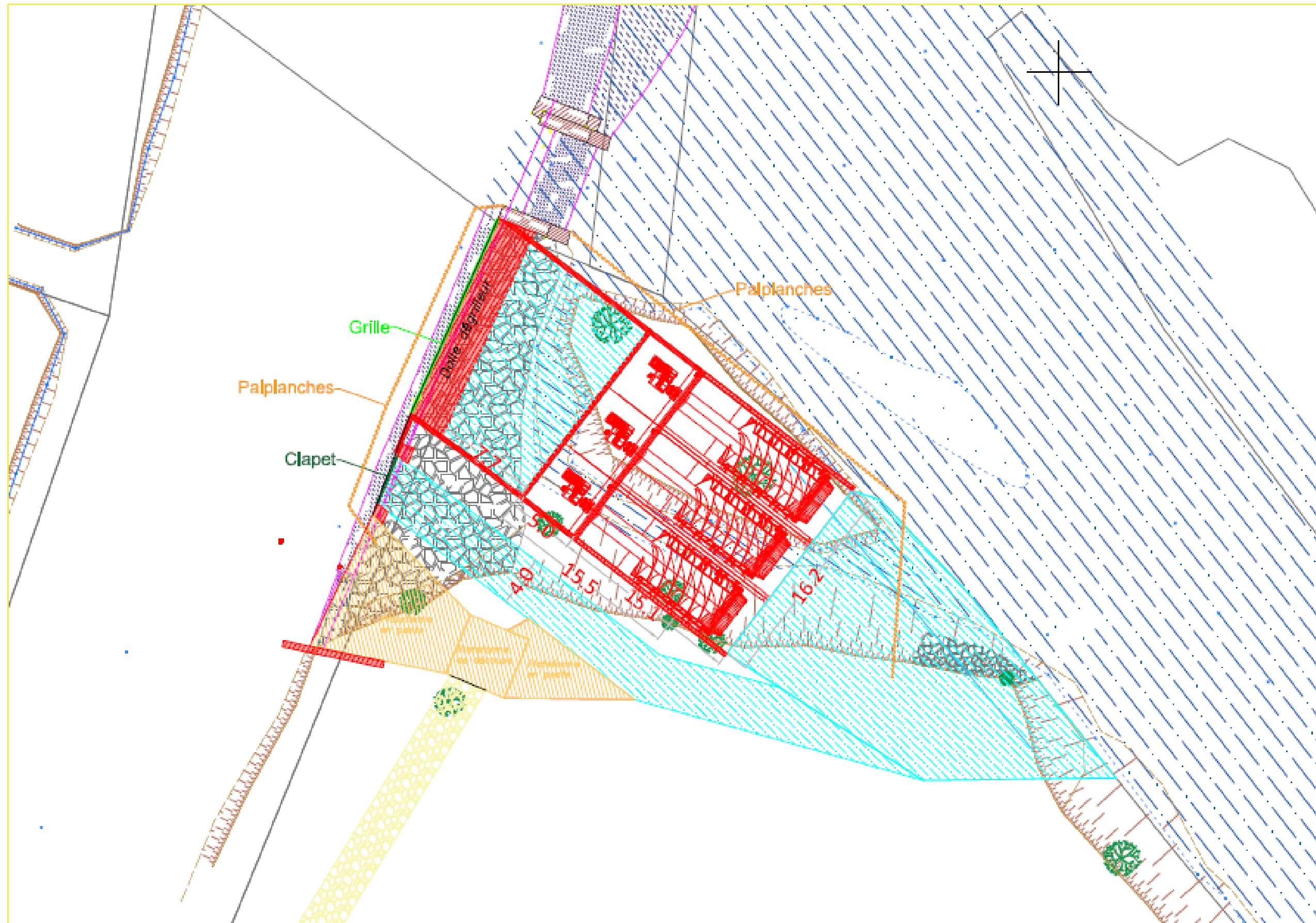
Les eaux turbinées seront restituées à l'aval immédiat de l'aménagement dans des conditions compatibles avec le fonctionnement hydraulique général du seuil et des ouvrages existants. Cette restitution sera conçue de manière à limiter les perturbations hydrauliques locales et à assurer une bonne continuité des écoulements.

L'installation sera équipée d'automatismes permettant un fonctionnement au fil de l'eau, la mise en service progressive des vis en fonction des débits disponibles, la régulation de l'exploitation et la mise en sécurité automatique de l'installation en cas d'anomalie, de crue ou de conditions d'exploitation dégradées.

Enfin, le fonctionnement de ce scénario sera articulé avec celui de la vanne de dégravage existante, dont l'automatisation est intégrée au projet. Cette coordination permettra d'améliorer la gestion hydraulique du seuil, la sécurité d'exploitation, le maintien des écoulements requis au droit du barrage et le bon fonctionnement global de l'aménagement, y compris le maintien des débits transitant dans le TCC pendant les périodes d'arrêt des vis. Il est prévu l'installation d'un bras hydraulique sur un massif béton jouxtant la vanne de dégravage, afin d'éliminer les flottants accumulés devant celle-ci.

Conception de base





I.3.3. Mode futur d'exploitation de la chute

I.3.3.1. Régulation de niveau et fonctionnement au fil de l'eau

L'aménagement projeté au droit du seuil de Roche-sur-Loue est un aménagement fonctionnant au fil de l'eau : il exploite les débits du cours d'eau comme ils se présentent. Le fonctionnement par intermittence (éclusées) n'est pas autorisé. Quel que soit le scénario technique retenu, le projet repose sur l'implantation d'un nouvel équipement hydroélectrique au droit du seuil, en complément de la centrale existante. Cette configuration permet de valoriser une partie des débits actuellement non turbinés au niveau du barrage et de réduire, en proportion, les débits dérivés vers la centrale existante. En permettant de turbiner une quote-part du Qr actuel, la construction d'une nouvelle centrale au seuil permet de réduire le débit dérivé de 50%.

Le débit d'équipement du nouvel aménagement au seuil sera fonction du scénario retenu, pour une valeur de 27 m³/s, pour une hauteur de chute brute maximale de 2,00 m. Le débit d'équipement de la centrale existante est, quant à lui de 10 m³/s, pour une hauteur de chute de 2,55 m.

Le fonctionnement au fil de l'eau sera assuré par un dispositif de régulation fondé sur le suivi du niveau amont au barrage et sur le pilotage automatisé des équipements. Les modalités précises de commande, de mise en service progressive et d'arrêt dépendront du scénario technique retenu ainsi que des caractéristiques définitives des équipements installés.

I.3.3.2. Exploitation courante et normale – scénario n°1

En règle générale, sur les aménagements de basse chute, le débit d'équipement optimal d'une installation tend à se rapprocher du module du cours d'eau. Toutefois, la configuration du site de Roche-sur-Loue présente une particularité importante, dans la mesure où une centrale hydroélectrique existe déjà en rive droite, à l'aval du canal d'amenée. Le dimensionnement et les modalités de fonctionnement du nouvel aménagement implanté au droit du seuil doivent donc être définis en tenant compte de cette installation existante, de la répartition des débits entre les ouvrages et des contraintes hydrauliques propres au site.

Dans le scénario n°1, la centrale nouvellement créée au droit du seuil (T1) fonctionne en priorité tant que le débit de la Loue ne permet pas d'atteindre le débit d'armement de la centrale existante (T2) en respectant les prescriptions précitées. Cette organisation permet de mobiliser en premier lieu l'équipement implanté au droit du barrage, mieux adapté à la faible chute disponible au niveau du seuil et limitant les débits transitant en dehors du TCC.

Dans cette configuration, T1 turbine les débits disponibles après satisfaction du débit réservé non turbiné, fixé à 3,0 m³/s et réparti entre la passe à poissons (1,2 m³/s), la passe à canoë (0,3 m³/s), le débit d'attrait (1,0 m³/s) et le débit de dévalaison piscicole (0,5 m³/s). La part complémentaire du débit réservé réglementaire, soit 2,3 m³/s, transite soit par la turbine lorsque les conditions d'armement sont réunies, soit par surverse sur le seuil.

Le seuil d'armement de T1 est d'environ 15% du débit d'équipement. Pour un débit d'équipement de 27 m³/s, ce seuil est fixé à 4,05 m³/s. Le démarrage de T1 est par conséquent possible à partir d'un débit de la Loue d'environ 7,05 m³/s, correspondant à la somme du débit réservé non turbiné de 3,0 m³/s et du débit minimal d'armement de la turbine. En deçà de ce seuil, la part complémentaire du débit réservé, soit 2,3 m³/s, est évacuée par surverse.

À partir de 7,05 m³/s, T1 peut entrer en fonctionnement et turbiner progressivement jusqu'à son débit d'équipement maximal fixé à 27 m³/s. Lorsque ce débit d'équipement est atteint, le débit de la Loue correspondant est de l'ordre de 30 m³/s. Au-delà de ce seuil, la centrale existante T2 entre progressivement en fonctionnement. Elle turbine alors entre son propre seuil d'armement et son débit d'équipement, maintenu à 10 m³/s, selon une logique de complémentarité avec la centrale implantée au droit du seuil.

Lorsque les deux installations fonctionnent à pleine capacité, les débits excédentaires transitent par le seuil dans le TCC, par les passes et les autres dispositifs hydrauliques présents au droit du seuil. En période de très bas débit, lorsque le débit de la Loue est inférieur à 7,05 m³/s, aucune turbine ne fonctionne. L'intégralité du débit disponible est alors réservée au maintien des usages prioritaires du site, en particulier la continuité écologique et les usages associés au cours d'eau.

Les principales caractéristiques de fonctionnement du scénario n°1 sont résumées dans le tableau ci-après.

Élément	T1	T2
Puissance installée	531 kW	250 kW
Hauteur de chute	2,00 m	2,55 m
Débit d'équipement	27 m³/s	10 m³/s
Seuil d'armement (15% du Qeq)	4,05 m³/s	1,5 m³/s
Débit de la Loue requis pour armement	7,05 m³/s	35,5 m³/s
Débit réservé non turbiné	3,0 m³/s	3 m³/s
Part complémentaire du débit réservé	2,3 m³/s	2,3 m³/s
Débit de la Loue requis pour T2 pleine charge	40 m³/s	

Synthèse de la valorisation des débits – plages de fonctionnement hors débit de salubrité des salines :

Priorité	Qr mini m³/s	Q arm m³/s	Q TCC avant armement m³/s	Q eq m³/s	Q dérivé m³/s	Q rivière amont m³/s	Q TCC m³/s
	3						
T1		4,05	7,05	27	0	7,05 à 30	7,05 à 30
T2		1,5	31,5	10	1,5 à 10	31,5 à 4	30 à ++

NB : Le pétitionnaire souhaite préciser que le Qeq de la turbine T1 pourra être revu à la baisse sans augmenter le Qeq de la turbine T2, afin d'optimiser le nombre d'heures de fonctionnement des deux centrales. Si le débit prélevé par T1 venait à évoluer à la baisse, celui-ci fera l'objet d'un porter-à-connaissance adressé à la DDT.

I.3.3.3. Exploitation courante et normale – scénario n°2

Dans le scénario n°2, le nouvel aménagement au seuil comprend deux turbines Kaplan inclinées de 13,5 m³/s chacune. Le fractionnement de l'équipement permet une mise en service plus progressive de l'installation, avec un armement plus précoce de la première turbine par rapport au scénario n°1. Les principales caractéristiques de fonctionnement sont présentées dans le tableau ci-après.

Élément	T1'	T1''	T2
Puissance installée	265 kW	265 kW	250 kW
Hauteur de chute	2,00 m	2,00 m	2,55 m
Débit d'équipement	13,5 m³/s	13,5 m³/s	10 m³/s
Seuil d'armement (15% du Qeq)	2,03 m³/s	2,03 m³/s	1,5 m³/s
Débit de la Loue requis pour armement	5,03 m³/s	18,53 m³/s	30 m³/s
Débit réservé non turbiné	3,0 m³/s	3,0 m³/s	3,0 m³/s
Part complémentaire du débit réservé	2,3 m³/s	2,3 m³/s	2,3 m³/s
Débit de la Loue requis pour pleine charge	16,5 m³/s	30,0 m³/s	≥ 40 m³/s

Synthèse de la valorisation des débits – plages de fonctionnement hors débit de salubrité des salines. Q dévalaison de 500L inclus.

Priorité	Qr mini m3/s	Q arm m3/s	Q TCC avant armement m3/s	Q eq m3/s	Q dérivé m3/s	Q rivière amont m3/s	Q TCC m3/s
	3						
T1		2	5	13,5	0	5 à 16,5	5 à 16,5
T2		1,5	18	10	1,5 à 10	18 à 26,5	16,5
T1'		2	18,5	13,5	10	28,5 à 40	18,5 à ++

I.3.3.4. Exploitation courante et normale – scénario n°3

Dans le scénario n°3, le nouvel aménagement au seuil comprend trois vis hydrodynamiques de 9,0 m³/s chacune. La technologie des vis hydrodynamiques étant ichtyocompatible, elle ne nécessite ni grille fine, ni dégrilleur automatique, ni dispositif spécifique de dévalaison piscicole. Le débit de dévalaison de 0,5 m³/s prévu dans les scénarios Kaplan est donc ici intégralement turbinable.

Le fractionnement du débit d'équipement sur trois groupes permet une mise en service particulièrement progressive, avec un premier armement à faible débit et une montée en charge par paliers successifs.

L'ordre de mise en service des groupes retenu est le suivant : T1' => T2 => T1'' => T1'''.

Cette séquence s'écarte de la logique strictement croissante par groupes de même technologie et repose sur une double justification hydraulique et économique :

- T1' en premier : la première vis entre en service dès les bas débits, valorisant précocement la chute disponible au droit du seuil, là où la perte par dérivation vers le canal d'amenée est la plus pénalisante pour le TCC.
- T2 en second : la centrale existante est armée avant T1'' et T1''', car elle bénéficie d'une chute plus importante (2,55 m contre 2,00 m) et d'un meilleur rendement énergétique à débit intermédiaire. Cette priorité permet d'optimiser la production globale de l'aménagement sur la plage de débits moyens, qui concentre l'essentiel des heures de fonctionnement annuelles.
- T1'' puis T1''' en dernier : les deux vis restantes entrent progressivement en service aux débits plus élevés, complétant la capacité de turbinage au droit du seuil lorsque T2 est déjà à pleine charge.

Cette organisation permet ainsi de maximiser la production annuelle en valorisant en priorité les groupes les plus efficaces aux débits les plus fréquents, tout en assurant une montée en charge progressive et une articulation optimale entre les deux ouvrages.

Les principales caractéristiques de fonctionnement sont présentées dans le tableau ci-après (hors débit de salubrité du canal des Salines).

Élément	T1'	T2	T1''	T1'''
Puissance installée	177 kW	250 kW	177 kW	177 kW
Hauteur de chute	2,00 m	2,55 m	2,00 m	2,00 m
Débit d'équipement	9,0 m³/s	10 m³/s	9,0 m³/s	9,0 m³/s
Seuil d'armement (env 15% du Qeq)	1,5 m³/s	1,5 m³/s	1,5 m³/s	1,5 m³/s
Débit de la Loue requis pour armement	4 m³/s	13 m³/s	22,95 m³/s	31,95 m³/s
Débit réservé non turbiné	2,5 m³/s	2,5 m³/s	2,5 m³/s	2,5 m³/s
Part complémentaire du débit réservé à respecter	2,8 m³/s	2,8 m³/s	2,8 m³/s	2,8 m³/s
Débit de la Loue requis pour pleine charge	11,5 m³/s	21,5 m³/s	30,5 m³/s	≥ 39,5 m³/s

Synthèse de la valorisation des débits – plages de fonctionnement hors débit de salubrité des salines :

Priorité	Qr mini m3/s	Q arm m3/s	Q TCC avant armement m3/s	Q eq m3/s	Q dérivé m3/s	Q rivière amont m3/s	Q TCC m3/s
	2,5						
T1		1,5	4*	9	0	4 à 11,5	4 à 11,5
T2		1,5	13	10	1,5 à 10	13 à 21,5	11,5
T1'		1,5	13	9	10	23 à 30,5	13 à 20,5
T1''		1,5	22	9	10	32 à 39,5	29,5 à ++

*situation rare sauf en très fort étiage

NB : Le pétitionnaire souhaite préciser que le Qeq de la turbine T1'' pourra être revu à la baisse voire supprimer afin d'optimiser le nombre d'heures de fonctionnement et garantir sa rentabilité. Si le débit prélevé par T1 venait à évoluer à la baisse, celui-ci fera l'objet d'un porter-à-connaissance adressé à la DDT.

I.3.3.5. Exploitation en cas de crue

En période de forte crue, sur la base de la surveillance du niveau amont, et/ou en cas d'eaux fortement chargées, sur la base d'une surveillance adaptée du site, le ou les équipements de production implantés au droit du seuil pourront être automatiquement arrêtés ou mis en sécurité. Les modalités précises de cet arrêt dépendront du scénario technique retenu et des caractéristiques propres aux équipements installés.

Par ailleurs, la création de ce nouvel aménagement permettra d'intégrer l'automatisation de la vanne de dégravage existante au droit du seuil, afin d'améliorer sa gestion lors des épisodes de crue et des phases de transit sédimentaire. À ce jour, cette vanne n'est pas automatisée et devient difficilement accessible lorsque le débit de la Loue dépasse environ 77 m³/s, soit environ 146% du module du cours d'eau au droit du seuil et environ 20% du débit de crue biennale.

Le Pétitionnaire proposera à l'Epage un remplacement de la vanne existante par un clapet de même hauteur et même largeur pour faciliter :

- 1/ les opérations d'ouverture pendant les périodes d'arrêt des turbines afin de garantir l'alimentation du pied de seuil même pendant les séquences d'arrêt des turbines
- 2/ les opérations d'évacuation des flottants qui viennent se déposer (par expérience au cours des 5 dernières années d'exploitation) avec ou sans présence d'une drome, à proximité de la vanne (voire en ses deux piles)

I.3.3.6. Restitution du débit réservé en cas d'arrêt intempestif de la turbine

En cas d'arrêt intempestif du ou des équipements de production implantés au droit du seuil, le débit réservé doit continuer à être assuré sans interruption. Le projet repose, à cet effet, sur le maintien permanent de la cote normale d'exploitation au droit de la retenue, y compris en phase de turbinage. Dans ces conditions, l'eau qui ne transite plus par les équipements de production lors de leur arrêt est immédiatement disponible pour être restituée vers l'aval.

Bien, que l'arrêt du turbinage ne soit pas instantané, le principe de fonctionnement retenu consiste à ne pas créer de temps de latence entre la fermeture complète des directrices des turbines et l'observation de la surverse au seuil. La retenue étant maintenue à sa cote d'exploitation, l'arrêt du turbinage entraîne immédiatement un report des débits vers le seuil. La restitution du débit réservé non turbiné de 3,0 m³/s demeure ainsi assurée, tandis que la part complémentaire du débit réservé réglementaire, soit 2,3 m³/s, doit pouvoir être rétablie sans délai notable.

Dans le cas du scénario n°1, le temps d'arrêt de la turbine est estimé à 3 minutes pour la fermeture des directrices (sur la base de la turbine actuelle de Port-Lesney), ce qui engendre un temps d'activation effective de la surverse au seuil de quelques secondes.

Dans le cas du scénario n°2 et n°3 le temps d'arrêt de la turbine est estimé à 1 minute car il est réalisé à l'aide de vannes coupant le flux d'arrivée dans la turbine en complément de la fermeture des pales et des directrices, ce qui engendre un temps d'activation effective de la surverse au seuil sensiblement réduit par rapport au scénario 1. Ce temps peut être parfaitement maîtrisé en conditionnant la vitesse de fermeture des vannes à la mesure effective de la surverse au seuil. Ainsi la fermeture des vannes est totale uniquement dans la surverse est parfaitement mesurée.

Ce fonctionnement sera encore plus facilement opérable dans le **scénario 3**, la vis étant équipée d'un variateur de vitesse lui permettant de ralentir sous l'effet de la réduction très progressive du débit passant dans sa vanne d'arrêt le temps que se mette en place la surverse au seuil.

Néanmoins, afin de sécuriser parfaitement cette phase transitoire et de garantir le respect instantané des conditions hydrauliques requises, le projet prévoit une motorisation et une automatisation de la vanne de dégravage existante (ou du futur clapet). Cette vanne sera asservie à l'arrêt des équipements de production ainsi qu'au suivi de la cote amont, de manière à s'ouvrir suffisamment pendant la phase d'arrêt, jusqu'à ce que la surverse nécessaire au droit du seuil soit atteinte. Le contrôle de cette séquence sera assuré par deux sondes de niveau implantées sur l'aménagement en amont et en aval

Cette disposition permet de fiabiliser la restitution du débit vers l'aval, y compris dans les situations de bas débit, et de limiter les incertitudes liées à la seule dynamique de surverse sur le seuil. Elle restera applicable en cas d'évolution ultérieure du dispositif de vannage, notamment si la vanne existante était remplacée ou adaptée sous la forme d'un clapet.

Enfin, il est rappelé que le temps de fermeture des organes directeurs d'une turbine de ce type est progressif, ce qui limite les variations instantanées de débit au moment de l'arrêt et contribue à la sécurité hydraulique de l'ensemble du dispositif.

I.3.3.7. Précision concernant la surverse sur le seuil

Conformément à la demande de la DDT, des calculs de lame d'eau ont été réalisés à partir d'une loi de seuil afin de préciser les conditions de surverse au droit du barrage selon les différentes configurations de fonctionnement de l'aménagement.

Dans l'hypothèse retenue à ce stade, le débit réservé non turbiné est fixé à 3,0 m³/s (pour les scénarii 1 & 2). Il correspond à l'alimentation de la passe à poissons, de la passe à canoë, du débit d'attrait et du débit de dévalaison piscicole. La part complémentaire du débit réservé réglementaire, soit 2,3 m³/s, transite soit par les équipements de production lorsque les conditions d'armement sont réunies, soit par surverse au droit du seuil lorsque les débits disponibles demeurent insuffisants.

Les débits pris en compte pour cette analyse sont les suivants :

- Qpàp (passe à poissons) = 1,2 m³/s ;
- Qpàc (passe à canoë) = 0,3 m³/s ;
- Qattrait (débit d'attrait) = 1,0 m³/s ;
- Qdév (dévalaison piscicole - pour les scénarii 1 & 2) = 0,5 m³/s ;

Total du débit réservé non turbiné = 3,0 m³/s ;

Part complémentaire du débit réservé réglementaire = 2,3 m³/s.

Pour les débits préconisés, les calculs de loi de seuil conduisent aux résultats suivants :

- pour laisser transiter 2,3 m³/s sur la longueur du seuil, la lame d'eau est d'environ 2,3 cm ;
- pour laisser transiter 4,9 m³/s sur la longueur du seuil, la lame d'eau est d'environ 4,9 cm.

Dans le scénario n°1, la mise en route de T1 intervient à partir d'un débit de la Loue d'environ 7,05 m³/s, correspondant à la somme du débit réservé non turbiné de 3,0 m³/s et du seuil d'armement de la turbine, fixé à 15% du débit d'équipement, soit 4,05 m³/s. En deçà de ce débit, la part complémentaire du débit réservé réglementaire transite par surverse au droit du seuil. Au-delà, cette part peut être valorisée par turbinage, sous réserve du maintien des conditions hydrauliques d'exploitation.

Plage de débit Loue (m³/s)	Configuration hydraulique	Lame d'eau sur seuil
$0 \leq Q < 3,0$	Aucune turbine, aucune surverse	0 cm
$3,0 \leq Q < 7,05$	Débit réservé + surverse complémentaire	0–2,3 cm
$7,05 \leq Q < 30,0$	T1 en fonctionnement partiel à pleine charge	variable
$30,0 \leq Q < 31,52$	T1 pleine charge + armement T2 en cours	0 cm
$31,52 \leq Q < 40,1$	T1 pleine charge + T2 progressive	0 cm
$Q \geq 40,1$	T1 + T2 à pleine charge	> 0 cm

Dans le scénario n°3 (vis hydrodynamiques) : dans ce scénario, le débit réservé non turbiné est réduit à 2,5 m³/s (absence de débit de dévalaison, intégralement turbiné), et la part complémentaire est portée à 2,8 m³/s. En conséquence, la première vis T1 entre en service dès 4 m³/s et la pleine charge globale est atteinte à partir de 39,5 m³/s. Les seuils de surverse sont également légèrement différents, la lame d'eau complémentaire correspondant à 2,8 m³/s au lieu de 2,3 m³/s.

I.3.4. Production attendue

La production attendue de l'aménagement dépend du scénario technique retenu, des modalités de fonctionnement des équipements au droit du seuil, ainsi que de leur articulation avec la centrale existante. À ce stade, les estimations disponibles permettent de disposer d'un ordre de grandeur du productible attendu.

I.3.4.1. Scénario n°1 – une turbine Kaplan

Considérant les débits classés de la Loue à la station de Champagne-sur-Loue (hors débit de salubrité):

Plage de débit Loue (m³/s)	Fonctionnement	Fréquence (%)	Durée annuelle (j)
< 3,0	Aucune turbine	0,0	0,1
3,0 – 7,05	Débit réservé + surverse complémentaire	6,7	24,4
7,05 – 30,0	T1 seule (partielle à pleine charge)	48,4	176,7
30,0 – 31,52	T1 pleine charge + armement T2	1,7	6,3
31,52 – 40,1	T1 pleine charge + T2 progressive	8,3	30,5
> 40,1	T1 + T2 à pleine charge	34,7	126,7

I.3.4.2. Scénario n°2 – deux turbines Kaplan inclinées

Considérant les débits classés de la Loue à la station de Champagne-sur-Loue (hors débit de salubrité):

Plage de débit Loue (m³/s)	Fonctionnement	Fréquence (%)	Durée annuelle (j)
< 3,0	Aucune turbine	0,0	0,1
3,0 – 5,03	Débit réservé + surverse complémentaire	1,4	5,3
5,03 – 18,53	1 turbine Kaplan en fonctionnement	34,9	127,4
18,53 – 31,52	2 turbines Kaplan progressif puis pleine charge	20,5	74,8
31,52 – 40,1	2 Kaplan pleine charge + T2 progressive	8,3	30,5
> 40,1	2 Kaplan + T2 à pleine charge	34,7	126,7

I.3.4.3. Scénario n°3 – Vis hydrodynamiques

Considérant les débits classés de la Loue à la station de Champagne-sur-Loue (hors débit de salubrité):

Plage de débit Loue (m³/s)	Fonctionnement	Fréquence (%)	Durée annuelle (j)
< 2,5	Aucune turbine	0,0	0,0
2,5 – 4	Débit réservé + surverse complémentaire	0,4	1,4
4 – 11,5	T1' en fonctionnement	22,7	82,7
13 – 21,5	T1' + T2 en fonctionnement	21,8	79,4
23 – 32	T1' + T2 + T1'' en fonctionnement	12,5	45,8
33,5 – 41	T1' + T2 + T1'' + T1''' en fonctionnement	7,5	27,3
> 39,5	T1' + T2 + T1'' + T1''' à pleine charge	35,1	128,1

I.3.4.4. Productions annuelles attendues

Scénario	Production T1	Production T2	Total
Scénario 1 – 1 Kaplan siphon	1850 MWh/an	250 MWh/an	2 100 MWh/an
Scénario 2 – 2 Kaplan inclinées	2000 MWh/an	400 MWh/an	2 400 MWh/an
Scénario 3 – 3 vis hydrodynamiques	1600 MWh/an	400 MWh/an	2 000 MWh/an

La centrale existante produit actuellement 700 à 850 MWh/an, exploitant un débit d'équipement de 25 m³/s réduit à 10 m³/s dans le cadre du projet, pour une hauteur de chute de 2,55 m.

Les trois scénarios conduisent à une production totale multipliée par 2 voire 3, par rapport à la production actuelle.

Les différences entre scénarios sont marginales (< 10 MWh/an entre S1 et S3) et restent dans les marges d'incertitude du calcul.

Les principales différences entre scénarios portent sur la répartition entre les deux ouvrages :

- En scénarios Kaplan (S1), T2 produit un volume loin du productible actuel compte tenu de l'éloignement de la plage de bas débits au profit de T2 ;
- En scénario vis (S3), la logique de priorité T1' => T2 => T1'' => T3''' permet à T2 de fonctionner un peu plus de 2000 h/an contre environ 1000 h/an en S1. En contrepartie, la production des vis (1600MWh/an) est légèrement inférieure à celle de T1 en scénario Kaplan, en raison d'un rendement plus faible de cette technologie.

Note : ces estimations sont établies au stade de la faisabilité sur la base de la courbe des débits classés de la Loue à Champagne-sur-Loue, avec des rendements globaux de 0,88 pour les turbines Kaplan et 0,75 pour les vis hydrodynamiques, et un arrêt en crue retenu à 150 m³/s.

I.3.5. Choix privilégié par le pétitionnaire

Au regard des éléments exposés ci-avant, et notamment des caractéristiques hydrologiques du site, des contraintes d'exploitation du seuil, des enjeux de continuité écologique et des performances attendues des différents scénarios étudiés, **le pétitionnaire privilégie la solution reposant sur l'installation de vis hydrodynamiques.**

Ce choix résulte d'une appréciation d'ensemble des avantages et contraintes propres à chaque scénario. Il repose sur la recherche d'un équilibre global entre faisabilité technique, robustesse d'exploitation, insertion dans le site et prise en compte des enjeux environnementaux.

En premier lieu, la solution par vis apparaît particulièrement adaptée au contexte du site, marqué par une basse chute, des variations de débit importantes et la nécessité d'inscrire le projet dans le fonctionnement hydraulique existant du seuil. Cette technologie présente un fonctionnement simple, progressif et bien adapté aux conditions d'exploitation d'un aménagement au fil de l'eau de faible hauteur de chute.

En deuxième lieu, cette solution présente un intérêt particulier au regard des enjeux de continuité piscicole. Les vis hydrodynamiques sont reconnues comme ichtyocompatibles, ce qui permet de limiter fortement les dispositifs spécifiques à mettre en œuvre pour la dévalaison par rapport aux scénarios Kaplan. Le projet s'en trouve simplifié, tant du point de vue de la conception des ouvrages que de celui de leur exploitation et de leur entretien.

En troisième lieu, le scénario par vis permet de réduire certains besoins en équipements annexes et en dispositifs de protection associés aux solutions Kaplan, notamment en matière de grille ichtyocompatible, de goulotte de dévalaison dédiée ou de systèmes de gestion associés. Cette simplification contribue à une meilleure lisibilité du projet, à une réduction des contraintes d'exploitation et à une limitation de certains impacts de chantier.

Par ailleurs, même si la production attendue de la solution par vis est légèrement inférieure à celle des scénarios Kaplan, cette différence reste mesurée au regard des avantages apportés par cette configuration sur les plans environnemental, technique et fonctionnel. Dans le contexte particulier du site, le pétitionnaire considère ainsi que la solution par vis constitue le meilleur compromis entre performance énergétique et maîtrise des incidences du projet.

Enfin, le scénario privilégié s'inscrit de manière cohérente dans l'objectif général poursuivi par le projet, consistant à valoriser le potentiel hydroélectrique du seuil tout en maintenant un niveau élevé de compatibilité avec les usages, le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage et les exigences environnementales du site.

En conséquence, le pétitionnaire retient à ce stade la solution par vis hydrodynamiques comme scénario privilégié pour la poursuite de l'instruction et l'approfondissement des études techniques.

II. DESCRIPTION DES TRAVAUX

La présente description des travaux est établie en considérant les trois scénarios techniques analysés. Dans la mesure où la majeure partie des travaux à réaliser est commune à l'ensemble des configurations envisagées, les développements ci-après mettent plus particulièrement en évidence les seules spécificités propres à chaque scénario, afin de permettre une lecture comparative plus claire de leurs différences.

II.1. Généralités

II.1.1. Procédure de précision des travaux

Rappelons tout d'abord qu'à ce stade, l'étude de faisabilité permet avant tout à démontrer la faisabilité administrative, technique, environnementale et économique du projet, afin de fournir au maître d'ouvrage des éléments clairs, fiables et chiffrés lui permettant d'apprécier l'intérêt de réaliser ce projet.

Une fois l'autorisation environnementale du projet obtenue, le pétitionnaire sollicitera un ensemble d'entreprises spécialisées afin de préciser son projet d'un point de vue technique et valider les caractéristiques techniques et hydrauliques des équipements.

En effet, le constructeur du matériel spécifique à la production d'électricité (turbine, générateur, vannerie, grilles), fournit selon les caractéristiques de son matériel, ses besoins en analyses géotechniques (sondages de sols). Dès réception de la localisation de ces points, les sondages de sols seront effectués et les résultats transmis à l'entreprise en charge du génie civil. Cette entreprise déterminera, en fonction des résultats obtenus, la nature des fondations à mettre en œuvre. Ces fondations devront répondre aux normes de sismicité du secteur et aux exigences du constructeur.

C'est pourquoi, dans le cadre du développement de ses projets de centrales hydroélectriques, Nouvergies propose de façon générale de travailler avec les services de la DDT et de l'OFB en deux étapes :

- 1/ Un temps de la procédure dédié à l'obtention des autorisations reprenant les principales caractéristiques de la consistance légale du projet. L'arrêté d'autorisation issu de cette première étape précise les principales prescriptions environnementales attachées à l'exploitation de la centrale hydroélectrique mais ne comporte pas nécessairement l'ensemble des prescriptions techniques environnementales relatives à la mise en œuvre du projet dans sa phase chantier.
- 2/ Un temps de la procédure dédié à l'ajustement des éventuelles prescriptions au travers d'un PAC travaux déposé avant la fin d'année 2026. Ces prescriptions particulières attachées aux méthodes de mise en œuvre et aux solutions techniques proposées feront l'objet de précisions au travers des Porter à Connaissance Travaux déposés par le pétitionnaire. Ce ou ces PAC permettent d'ajuster les méthodes du chantier notamment dans le cadre d'une concertation fine avec les services de la DDT et de l'OFB. Cependant à ce stade, le pétitionnaire propose ci-après les étapes incontournables de la réalisation du projet.

II.1.1.1. Moyens humains

La maîtrise d'œuvre sera constituée d'une équipe pluridisciplinaire pour mener les différentes études et missions nécessaires à chaque phase de l'opération. Des contrats seront conclus avec des prestataires pour certaines missions spécifiques. Les travaux dans leur ensemble nécessiteront l'intervention de plusieurs entreprises distinctes : bureau d'études structure, maître d'œuvre, entreprises de terrassement et de génie civil, de manutention, de raccordement électrique, d'automatisation des ouvrages, etc.

II.1.1.2. Moyens techniques et matériels

Les aménagements nécessiteront l'utilisation de moyens matériels classiques pour la réalisation de travaux en cours d'eau, notamment des engins de travaux publics usuels tels que camions de chantier, toupies béton et pelles hydrauliques.

Les batardeaux amont et aval seront réalisés en matériaux pierreux, avec intégration d'une bâche étanche positionnée côté rivière, en amont pour le batardeau amont. Des renforcements ponctuels pourront être mis en œuvre au moyen de big bags. Ces batardeaux seront conçus pour des conditions de crues > 650 afin de garantir une circulation en tout temps et un éventuel repli du matériel sans contrainte.

La mise hors d'eau du chantier pourra être assurée par pompage. Les opérations de terrassement et, le cas échéant, de déroctage, seront réalisées au moyen d'engins adaptés, notamment une pelle d'environ 40 tonnes équipée d'un brise-roche hydraulique.

Les matériaux excavés pourront être valorisés autant que possible pour la réalisation des accès de chantier. Les accès au chantier seront optimisés par la mise en place d'un batardeau traversant le canal d'amenée existant, permettant un franchissement sécurisé des engins et matériaux. Un empiérement drainant sera réalisé le long de la berge rive gauche du canal d'amenée pour créer un chemin d'accès stable vers la zone chantier. Ce chemin restera entièrement drainant pour éviter toute contrainte hydraulique en cas de crue. *NB : La prairie concernée se situe hors d'eau jusqu'à un débit de rivière de 620 m³/s.* Cet accès sera conservé pendant la phase d'exploitation afin de permettre la surveillance, la maintenance et les interventions sur les ouvrages.

La réalisation de cet accès nécessitera, au préalable, un décapage de la terre végétale sur environ 20 cm afin d'assurer une portance suffisante et une planimétrie correcte de la piste. Les terres décapées seront remobilisées pour la remise à niveau de terrains agricoles voisins, en accord avec l'exploitant concerné, sur des secteurs situés hors zone du PPRI. La piste sera aménagée au niveau du terrain naturel, sans surélévation durable, et les matériaux grossiers issus des excavations seront valorisés autant que possible pour la constitution de l'accès.

En complément, un accès alternatif pourra être ponctuellement aménagé via le batardeau installé en amont de la zone de chantier. Cette solution constituera toutefois une piste secondaire, temporaire et strictement limitée à la phase travaux, sans vocation à être maintenue en exploitation.

Les itinéraires d'accès au chantier sont présentés ci-après.

Les eaux de pompage seront rejetées après transit dans une succession de bassins de décantation, réalisés notamment à l'aide de big bags, afin de limiter le rejet d'eaux chargées de matières en suspension dans le milieu récepteur. Le lavage des équipements de production, des organes de vannage et des autres équipements hydromécaniques nécessitera l'utilisation d'une grue mobile.

Reproduction interdite sans l'accord de Nouvergies

Cette carte contient des informations confidentielles



Projet de centrale hydroélectrique d'Arc-et-Senans (25) Accès	Emplacement_Centrale Accès Accès alternatif Batardeau Gué
---	---

II.2. Phasage et description des travaux

Le phasage des travaux sera respecté. Il demeure toutefois susceptible de faire l'objet d'adaptations ponctuelles en fonction des aléas de chantier, des conditions hydrologiques et des contraintes matérielles inhérentes à ce type d'intervention.

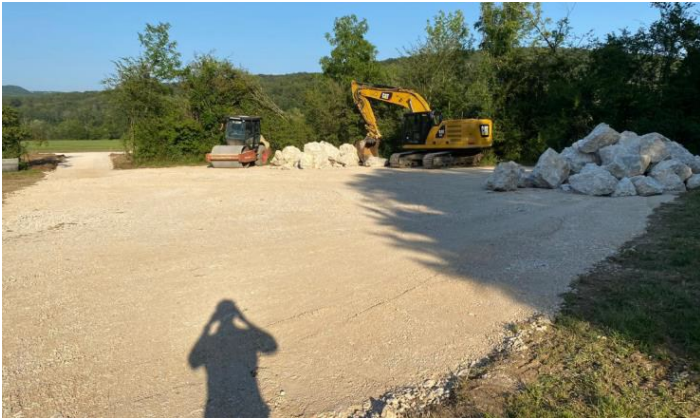
Certaines phases pourront être réalisées simultanément par des équipes de chantier distinctes, notamment afin de réduire la durée d'intervention.

A ce stade des études, la durée estimative des travaux est comprise entre 8 et 10 mois. Compte tenu des contraintes réglementaires de travaux en rivière, il est envisagé d'installer les batardeaux dès que possible au printemps (à partir du 1^{er} avril) pour permettre un déroulé du chantier sur une saison. A ce stade, le planning estimatif des travaux de réalisation de la centrale implantée sur le seuil de Roche-sur-Loue est le suivant :

Phase	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Période de montaison												
Défrichage interdit (en rouge)												
Travaux en rivière interdits (en rouge)												
Bleu : bas débit / rouge haut débit												
Phase 1 : Préparation du chantier												
Phase 2 : Travaux sur seuil												
Excavation												
Construction de la prise d'eau et du canal d'amenée												
Construction du bâtiment d'usine												
Installation des équipements de la centrale												
Ouverture du déversoir												
Phase 3 : Dépose des batardeaux												
Phase 4 : Mise en service et réception												

Les travaux à envisager pour l'installation de l'aménagement sur le seuil de Roche sont les suivants :

- Études de sol et préparation de la zone : Une étude géotechnique sera lancée avant le démarrage des travaux afin de préparer l'ensemble des études de résistance mécanique prévue pour le lot de génie civil. Un relevé topographique complémentaire pourra être réalisé pour compléter les relevés existants et apprécier au mieux les volumes de déblais et préciser l'emprise du chantier.
- L'abattage des quelques arbustes (saules sur la zone) pourra s'avérer nécessaire à la bonne réalisation des travaux et à la circulation des engins devra être réalisé à l'étiage ou sortie d'étiage, après le 15 aout, en dehors des périodes de nidification des oiseaux. Un porter à connaissance distinct et complémentaire pourrait être déposé afin de réaliser les travaux dès le début de l'automne 2026 et avant le 1^{er} novembre. L'objectif étant de réaliser les premières opérations de déroctage en dehors des périodes de risques de crues. Les bassins de décantation seront bien mis en place à cette occasion.
- Des aires étanches seront mises en place à proximité de la zone de chantier, en dehors des zones sensibles aux crues, afin d'y stocker le matériel et les engins. Des mesures seront prises pour éviter tout risque d'écoulement de polluants depuis ces zones vers le cours d'eau.
- Création des accès chantier : une piste d'accès en matériaux grossiers drainants, constituée autant que possible à partir des matériaux excavés sur site, sera réalisée afin de limiter les risques en période de crue et d'éviter tout affaissement des terrains en bordure du canal d'amenée. Sa réalisation nécessitera un décapage préalable de la terre végétale sur environ 20 cm afin d'assurer la portance et la planimétrie de la piste. Les terres décapées seront remobilisées pour la remise à niveau de terrains agricoles voisins, hors zone du PPRI, tandis que les matériaux grossiers issus des excavations seront valorisés pour la constitution de l'accès, aménagé au niveau du terrain naturel. Les accès seront optimisés par la mise en place d'un batardeau traversant le canal d'amenée existant, juste en amont des grilles actuelles, depuis le parking de la menuiserie Pevescal, permettant un franchissement sécurisé des engins et des matériaux. Cheminement principal d'accès : un empierrement drainant sera réalisé le long de la berge du canal d'amenée afin de créer un chemin d'accès stable vers la zone de chantier. Ce chemin demeurera entièrement drainant afin de ne pas créer de contrainte hydraulique en cas de crue. La prairie concernée est située hors d'eau jusqu'à un débit de rivière de 620 m³/s. Cet accès sera conservé pendant la phase d'exploitation afin de permettre la surveillance, la maintenance et les interventions sur les ouvrages. Accès complémentaires : en complément, un accès alternatif pourra être ponctuellement aménagé via un batardeau installé en amont de la zone de chantier. Cette solution constituera toutefois une piste secondaire, temporaire et strictement limitée à la phase travaux, sans vocation à être maintenue en exploitation.



Photos d'une plateforme sur geotextile sous concassé réalisée dans le cadre des travaux de Port-Lesney



Photos d'une pelle mécanique Saillard TP en huile bio dans le cadre des travaux de Port-Lesney réalisant une gué au fur et à mesure des avancées de la pelle mécanique



Photos de pistes d'accès réalisées par Nouvergies dans le cadre des travaux de Port-Lesney

- Batardeage amont de la zone d'implantation pour permettre d'isoler la zone de chantier pendant la période de coulage du GC si la pose de palplanche n'est pas réalisable. Dans ce cas il est prévu d'utiliser le seuil situé à droite de la vanne de dégravage barrage dont la cote est égale à 235,93. Cette partie aval du seuil pourra être réhaussée provisoirement d'un batardeau anti inondation type watergate fixé sur le seuil, de bloc légo en béton pendant la phase de chantier afin de l'isoler des arrivées d'eau amont. Cette protection assurera un accès à la zone du chantier en période d'étiage pour les opérations de déroctage sans avoir besoin de constituer un batardeau dans la rivière en entrée de canal d'amenée.
- Par ailleurs un batardeau pour la dérivation et mise à sec du canal d'amenée pourra être réalisé avec des enrochements grossiers + une bâche PVC en amont lors des opérations de coulage de génie civil. Ce batardeau garantira la circulation des engins. Ce batardeau est complémentaire à celui réalisé juste en amont des grilles connectant la parcelle 699 et son chemin de circulation au parking de la menuiserie Pevescal qui servira de zone de virage ou de déchargement pour les camions des équipementiers.



- Pour la zone du chantier, nécessitant des travaux d'excavation en aval du seuil, le pétitionnaire est équipé de 2 pompes de refoulement de 350 m³/h. Le débit de la Loue transitera par surverse sur le seuil. La zone excavée sera protégée des arrivées d'eau en amont par le seuil réhaussé et en aval par des Big-bag remplis de sable ou des palplanches coté rivière. Les bassins de décantation implantés en aval de la zone excavée seront réalisés en Big Bag de sable grossier

Le niveau normal actuel de la retenue sera maintenu pendant l'intégralité des travaux sans nécessité de vidage. Si une vidange de la retenue venait à être nécessaire, le pétitionnaire devra le notifier au préalable par un Porter à Connaissance et obtenir un accord des services de l'Etat. *NB : Le batardeau n'étant jamais parfaitement étanche cela permettra de maintenir l'alimentation à minima du canal des salines qui par ailleurs reste en eau uniquement par les remontées avals du canal de fuite.*



Mise hors d'eau du premier tronçon lors du chantier de Port-Lesney

- Mise à sec de la zone de chantier : la mise à sec de la zone de chantier se fera par un pompage complémentaire. Les eaux pompées ne seront pas rejetées directement dans la Loue pour éviter une augmentation de la turbidité de la Loue. Elles transiteront par une succession de 3 bassins de décantation réalisés à l'aide de Big Bag remplis de sable ; l'eau surversant dans la rivière après décantation ;
- Réalisation d'une pêche de sauvetage dans le canal d'amenée, avant vidange très lente par l'aval pour limiter tout risque de mise en suspension des matières contenues dans le canal ;
- Mise à la cote de la crête du barrage : afin d'assurer le maintien de la cote d'exploitation retenue pour le projet, fixée à 235,71 m NGF, une adaptation de la crête du barrage sera réalisée sur la longueur utile concernée par l'aménagement. L'objectif est de garantir des conditions hydrauliques compatibles avec le fonctionnement du nouvel équipement implanté au droit du seuil, tout en préservant le bon fonctionnement des ouvrages existants et des dispositifs liés à la continuité écologique. La cote d'exploitation de 235,71 m NGF correspond à la cote minimale nécessaire au bon fonctionnement de la passe à poissons et a été validée par l'OFB ; elle est identique à la cote actuelle de retenue, de sorte que le projet n'entraîne aucune modification du niveau d'eau amont par rapport à la situation existante. À ce stade, trois solutions techniques ont été examinées pour assurer cette remise à la cote :
 - La première consiste en la pose d'un madrier bois sur toute la longueur utile concernée, de manière à atteindre directement la cote d'exploitation visée.
 - La deuxième repose sur un lissage préalable de la crête à environ 235,60 m NGF par reprise localisée en béton, complétée par la mise en place d'un élément bois d'environ 11 cm permettant d'atteindre la cote finale recherchée.
 - Suite aux derniers échanges, **la solution n°3** est désormais privilégiée pour la mise à la cote de la crête du barrage. Elle consiste à réaliser une semelle béton continue en crête de barrage, calée à la cote d'exploitation de 235,71 m NGF, au moyen de petites cornières métalliques fixées dans le barrage existant et réglées à la cote projetée, puis à couler entre celles-ci un béton formant une longrine continue. Cette disposition permet d'obtenir une arase régulière, durable et très précisément nivelée, tout en assurant une meilleure protection de la crête vis-à-vis des embâcles et des sollicitations d'exploitation.

Cette solution apparaît désormais comme la plus simple, la plus robuste et la plus adaptée au fonctionnement futur de l'aménagement. Elle évite les aléas liés au vieillissement ou au déplacement d'un élément bois, limite les besoins d'entretien ultérieurs et garantit une meilleure stabilité altimétrique dans le temps. La réalisation pourra être effectuée par coffrages successifs d'une petite longrine en béton le long du barrage, de manière à assurer la continuité de la cote et la précision recherchée sur l'ensemble du linéaire utile.

Les caractéristiques précises de mise en œuvre, notamment le linéaire exact concerné, le dimensionnement de la longrine, la nature et le mode de fixation des cornières métalliques, les modalités de phasage du bétonnage et les adaptations locales rendues nécessaires par la géométrie réelle du seuil, seront précisées à l'issue du relevé topographique complémentaire préalable aux travaux et formalisées dans le cadre du porter à connaissance travaux. Un plan de récolement topographique sera établi à l'issue de l'intervention afin de vérifier la conformité des cotes effectivement obtenues avec la cote d'exploitation visée de 235,71 m NGF et de garantir la cohérence hydraulique de l'ensemble avec le fonctionnement des ouvrages existants.

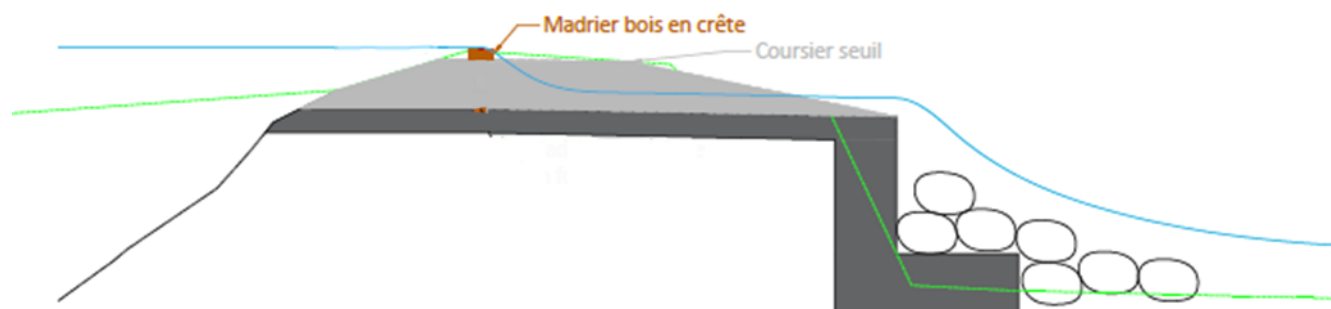


Schéma de principe de la solution n°1

Les travaux de reprise du seuil seront réalisés sous condition de mise à sec effective de la zone de coulage. Cette exigence implique que l'exploitant adapte la manœuvre des organes de vannage de manière à empêcher toute surverse au droit de la crête en cours de reprise pendant les phases sensibles du chantier, notamment le réglage des niveaux, le coulage du béton et sa prise initiale. Il est ainsi retenu une obligation de résultat portant non sur le respect d'un seuil hydrologique prédéfini, mais sur le maintien effectif de conditions d'intervention à sec. La gestion de la vanne devra en conséquence permettre de concilier l'absence de surverse sur la zone de travaux avec le maintien d'un niveau de retenue compatible avec le fonctionnement général du site et le respect des prescriptions applicables. Les modalités opérationnelles correspondantes seront définies dans le cadre de l'organisation du chantier et des études d'exécution.

- Traitement de la crête au droit de la passe à poissons – débit d'attrait : afin d'assurer le débit d'attrait de 1,0 m³/s nécessaire au bon fonctionnement de la passe à poissons, le projet prévoit de ménager une échancrure localisée en crête du seuil, en rive gauche, décalée d'au moins 5 m par rapport à la passe à canoës afin de limiter les effets de remous. Pour la réalisation de cette échancrure, trois solutions ont été examinées. Ces solutions sont plus amplement détaillées au paragraphe [Description détaillée des scénarios envisagés](#). Le scénario n°1 est privilégié. Il consiste à ne pas reprendre la crête du barrage à la cote d'exploitation sur la section dédiée au débit d'attrait, afin de créer une échancrure par absence de travaux sur un linéaire de l'ordre de 28 à 48 m selon la lame d'eau retenue, comprise entre 7 et 10 cm. Le maintien local d'une cote inférieure à 235,71 m NGF permettra d'assurer le transit du débit d'attrait de 1,0 m³/s tout en limitant les vitesses d'approche au droit du seuil. Le dimensionnement exact de cette échancrure sera défini avant travaux à partir d'un relevé topographique complémentaire, puis précisé dans le porter à connaissance travaux, en lien avec l'EPAGE, les services de l'État, l'OFB et la FFCK.
- A l'emplacement des futurs ouvrages, le terrain sera décaissé puis une couche de propreté sera mise en place. Le radier de la future turbine sera réalisé en béton armé. Les bajoyers seront réalisés dans un second temps en béton armé.

- Les terres et matériaux extraits durant les phases de terrassement et d'excavation (ex. : canal, siphon, fondations) seront traités selon leur nature :
 - Les matériaux inertes et remobilisables sur site (cailloux, graviers) seront réemployés pour les chemins d'accès, les remblais ou modelés en talus dans la zone de chantier.
 - Les matériaux excavés non réutilisables (matières organiques) feront l'objet d'un tri préalable. Ils seront évacués vers :
 - Une ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) si leur qualité ne permet pas un retour au milieu,
 - Ou bien déposés temporairement en zone tampon en dehors de la zone du PPRI pour éviter tout risque de lessivage pendant les crues avant un éventuel retour encadré au milieu naturel si l'analyse montre une compatibilité et un intérêt environnementale.
- Réalisation du canal de fuite (longueur : 45 m environ largeur 20 m environ pour le scénario 1) pour restituer les débits turbinés au cours d'eau : la pente sera adaptée de façon à maintenir une vitesse d'écoulement compatible avec la libre circulation des sédiments et éviter les dépôts, des enrochements stabilisés seront installés.
- Protection ichtyologique et dévalaison : les scénarios Kaplan (1 et 2) prévoient l'installation d'une grille ichtyocompatible verticale, avec un espacement des barreaux de 25 mm et une vitesse d'approche normale de 0,5 m/s. Sur la base du débit d'équipement de 27 m³/s, la surface de grille utile nécessaire est de 54 m² (soit environ 18 m de longueur pour une profondeur de 3 m). Ces dimensions seront confirmées lors des études d'exécution. Le dispositif sera complété par un dégrilleur automatique et une goulotte de dévalaison piscicole (débit de 0,5 m³/s). Une variante technique inspirée de la centrale de Port-Lesney — avec vanne-porte intégrant la fonction de dévalaison — pourra être étudiée en lien avec les services de l'OFB et la DDT si les conditions techniques le justifient.
Pour le scénario 3 – Vis hydrodynamiques : la nature ichtyocompatible des vis hydrodynamiques permet de supprimer intégralement la grille ichtyocompatible, la goulotte de dévalaison dédiée, avec à la clé une réduction significative des travaux de génie civil, des coûts d'investissement et des contraintes d'entretien. Le transit piscicole sera assuré par la géométrie spécifique de la vis et de la prise d'eau, dont les dimensions et le profil seront optimisés pour garantir la continuité écologique sans dispositifs mécaniques additionnels. La gestion des embâcles sera assurée par écoulement libre et surverse naturelle, complétée par l'installation
 - 1/ d'un bras hydraulique au droit du massif béton aval de la vanne de dégravage
 - 2/ et ou d'un dégrilleur simplifié permettant de pousser les dégrillats ne passant pas à travers les grilles de 100mm vers l'aval de la grille
 - 3/ une aire aménagée en bordure de parcelle 699 permettant de tracter les embâcles les plus massifs (NB nous recevons depuis plusieurs années des arbres entiers, accompagnés parfois de leur souche pour les frenes malades notamment). afin de les remobiliser à l'aval. Un bras hydraulique permettrait de faire basculer plus facilement les embâcles retenus à proximité de la vanne. Les dimensions précises des vis (diamètre, pas, vitesse de rotation), la conception de la prise d'eau (forme, seuil d'entrée) et les mesures de sûreté ichtyophile seront définies en phase AVP en concertation étroite avec la DDT et l'OFB, et feront l'objet d'un porter-à-connaissance complémentaire.
- Assemblage et mise en place des équipements hydroélectriques : après réalisation du génie civil, le chantier se poursuivra avec l'assemblage et la mise en place des équipements hydroélectriques selon le scénario retenu.
 - Scénarios 1 et 2 – Turbine(s) Kaplan : installation d'une turbine Kaplan en siphon (scénario 1, débit d'équipement 27 m³/s, chute brute nominale 2,00 m) ou de deux turbines Kaplan inclinées (scénario 2, débit unitaire 13,5 m³/s, débit total équivalent), équipées chacune d'une génératrice asynchrone et d'un groupe de pression hydraulique par unité. La puissance installée au droit du seuil est de 580 kW pour les deux scénarios. L'amorçage sera assuré par pompe à vide pour la solution siphon, ou par une solution conventionnelle avec aspirateur et vanne de garde amont pour la solution inclinée. La mise en place des équipements sera réalisée à l'aide d'une grue mobile. Les éléments de vannerie comprennent des vannes batardes d'une largeur minimale

de 4 m et d'une hauteur minimale de 2 m, manœuvrées par cric à crémaillère ou dispositif équivalent.

- Scénario 3 – Vis hydrodynamiques : installation de trois vis hydrodynamiques (diamètre, pas et vitesse de rotation à préciser en phase AVP), équipées chacune d'une génératrice adaptée et d'un groupe de pression hydraulique. La puissance installée au droit du seuil est de $3 \times 177 \text{ kW} = 531 \text{ kW}$. La vantellerie est simplifiée par rapport aux scénarios Kaplan, les vannes étant adaptées à la géométrie spécifique des vis. La mise en place sera réalisée à l'aide d'une grue mobile. La gestion des embâcles est assurée par écoulement libre et surverse naturelle, complétée par une des solutions évoquée précédemment.
- **Curage du canal d'amenée** : dans l'hypothèse où la mise en place d'un batardeau à l'amont du canal d'amenée s'avérerait nécessaire afin de renforcer la mise hors d'eau du chantier, le pétitionnaire sollicite la possibilité de réaliser un curage ponctuel du canal d'amenée existant. Cette intervention serait effectuée exclusivement durant la période de mise à sec du canal, de manière à améliorer les conditions d'écoulement vers la prise d'eau, à limiter les pertes de charge liées à l'envasement et à rétablir localement la capacité hydraulique de l'ouvrage. Le curage consisterait en une extraction mécanique des matériaux accumulés en fond de canal, principalement constitués de limons, sables et graviers, sur une épaisseur indicative pouvant atteindre environ 50 cm, laquelle sera précisée à l'issue du relevé topographique préalable aux travaux.

Les travaux seraient réalisés concomitamment à la mise à sec du canal rendue nécessaire pour l'exécution des travaux de la centrale au droit du seuil, au moyen d'une pelle mécanique à chenilles équipée d'un bras rallongé, intervenant depuis la berge appartenant au pétitionnaire. L'intervention serait conduite hors périodes de hautes eaux et hors périodes de sensibilité écologique particulière. Le curage serait strictement limité aux matériaux effectivement accumulés, sans modification du gabarit de référence de l'ouvrage ni atteinte au substrat ou au support sain du canal. Un relevé préalable permettra de confirmer les cotes d'intervention, le linéaire concerné et les volumes prévisionnels, puis un constat de fin de travaux permettra de vérifier la conformité des terrassements réalisés.

Sur la base des dimensions estimées à ce stade, le volume maximal de sédiments susceptibles d'être extraits est évalué à environ 1 000 m³. Cette estimation devra être confirmée et, le cas échéant, ajustée à l'issue du relevé topographique préalable aux travaux. À ce stade, ce volume demeure inférieur au seuil de 2 000 m³ mentionné à la rubrique 3.2.1.0 de la nomenclature eau. Le régime administratif applicable sera toutefois confirmé au regard des caractéristiques définitives de l'opération, des volumes réellement concernés et de la qualité des sédiments.

Préalablement à toute opération de curage, une caractérisation des sédiments présents dans le canal d'amenée sera réalisée selon un plan d'échantillonnage adapté à la répartition des dépôts observés. Cette caractérisation visera à préciser la nature granulométrique des matériaux ainsi que leur qualité physico-chimique, notamment au regard des paramètres réglementairement mobilisables pour l'appréciation de leur gestion. Elle permettra de vérifier l'absence de pollution ou, le cas échéant, d'identifier la présence de substances ou concentrations incompatibles avec un retour au milieu naturel ou avec une gestion locale. Les résultats de cette caractérisation seront transmis aux services compétents préalablement à l'engagement des opérations, afin de confirmer les modalités de gestion retenues pour les matériaux extraits.

Les opérations de curage seront réalisées après information préalable des services de l'OFB dans un délai de prévenance de 48 heures, afin de permettre, le cas échéant, l'organisation des contrôles, suivis ou constats jugés nécessaires.

En fonction des résultats de cette caractérisation :

- En cas de sédiments non conformes (pollution avérée ou doute sur la compatibilité avec le milieu), les matériaux seront évacués vers une filière agréée (type ISDI/ISDND ou filière spécialisée selon résultats), avec traçabilité complète.
- En cas de sédiments inertes et compatibles, un dépôt temporaire en berge pourra être réalisé sur des zones préalablement validées par les services instructeurs, avec mise en place de mesures

de confinement (merlon périphérique, distance minimale au cours d'eau, absence de ruissellement direct).

- Le ressuyage sera assuré avant toute éventuelle remise en place ou valorisation locale, sans retour direct au milieu en phase turbide.

Dans tous les cas, les modalités exactes de reprise, de chargement, de transport, de dépôt temporaire, de stockage, de réemploi, d'évacuation ou de traitement des sédiments seront définies de façon à éviter tout entraînement vers le milieu aquatique, toute remobilisation incontrôlée et toute dégradation des berges ou des habitats rivulaires.

Les zones éventuellement pressenties pour un dépôt localisé des matériaux seront soumises à l'appréciation préalable des services de la DDT et de l'OFB. Elles pourront, si nécessaire, faire l'objet d'une visite sur site afin de valider leur localisation, les volumes admissibles, les conditions de dépôt, les mesures de stabilisation à mettre en œuvre et les précautions nécessaires à la protection du milieu aquatique.

Les modalités précises de dépôt en berge, de stockage temporaire, d'évacuation ou de traitement des sédiments pourront faire l'objet d'un porter à connaissance complémentaire et, le cas échéant, d'un arrêté complémentaire, au vu des résultats des investigations préalables et des échanges avec les services instructeurs.

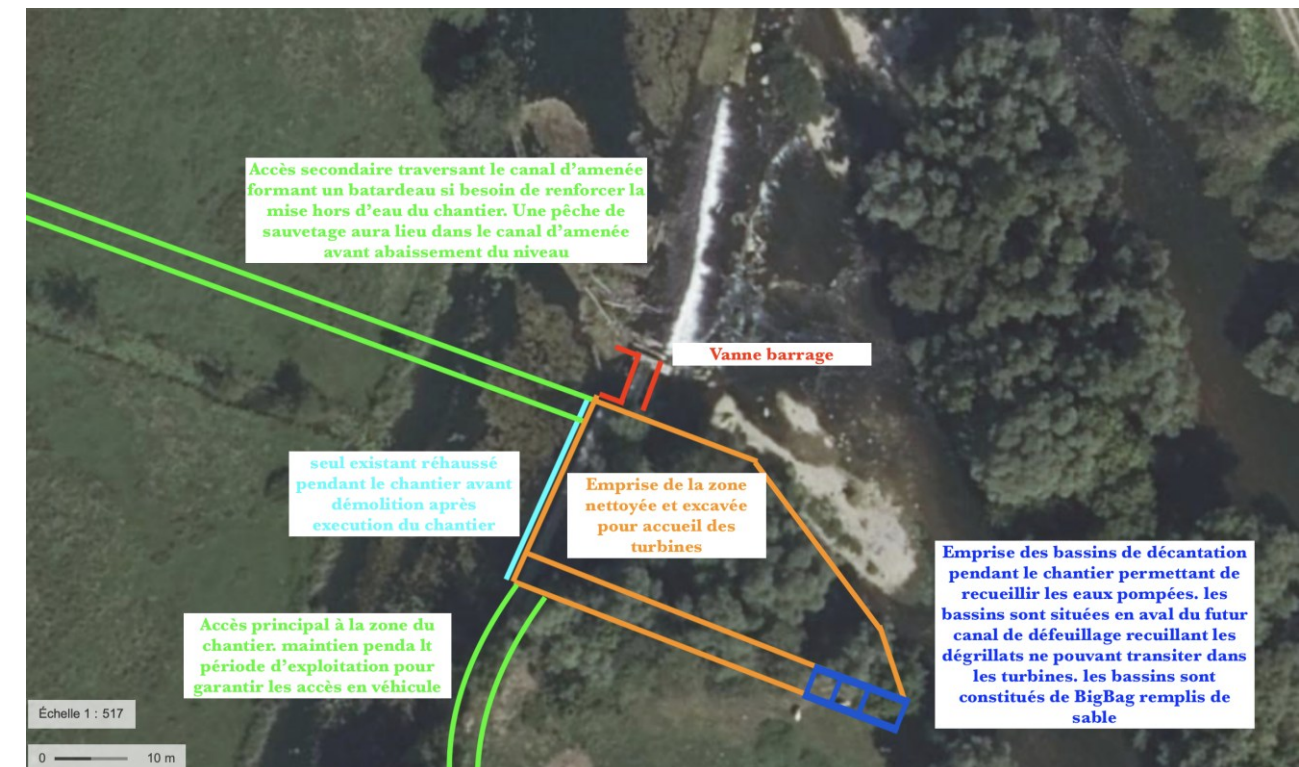
La mise à sec de la zone aval du batardeau permettant la vidange du canal sera précédée d'une pêche de sauvetage réalisée par un bureau d'études spécialisé ou par la fédération départementale de pêche, avec des intervenants habilités, selon un protocole adapté aux conditions du site et intégrant les exigences de sécurité des intervenants ainsi que les objectifs de protection du milieu aquatique.

Nouvergies informera les services de l'OFB 48 heures avant le démarrage de cette intervention, afin de permettre, le cas échéant, un accompagnement des opérations et la mise en place d'un suivi adapté.



- Installation des équipements électriques (TGBT, armoire de contrôle-commande et système de télégestion, transformateur 700 kVA, poste HTA) ;
- Bâtiment de production : un local technique sera édifié pour abriter l'ensemble des équipements hydromécaniques et électriques. Dans tous les scénarios, le plancher du local devra être établi au-dessus de la cote de référence de crue centennale définie par le PPRi de la Basse Loue, soit 238,2 m NGF.
 - Scénario 1 – 1 turbine Kaplan siphon : création d'un bâtiment de production d'environ 80 m² surplombant la turbine et abritant l'ensemble des équipements hydromécaniques et électriques (génératrice, groupe de pression hydraulique, armoires de commande et de protection, système de télégestion).
 - Scénario 2 – 2 turbines Kaplan inclinées : la configuration à deux turbines implique un local technique de surface supérieure, estimée à ce stade à environ 120–140 m², afin d'accueillir les deux groupes turbo-alternateurs et leurs équipements auxiliaires respectifs. La forme et l'implantation exactes du bâtiment seront précisées en phase AVP en fonction de l'encombrement définitif des machines.
 - Scénario 3 – 3 vis hydrodynamiques : les vis hydrodynamiques fonctionnant en auge ouverte, les génératrices et équipements électriques associés sont généralement logés dans un local compact positionné en tête de vis. Un local technique d'environ 60–80 m² pourra ainsi suffire, la géométrie des vis permettant une intégration plus compacte des équipements électriques et de contrôle-commande. Cette solution est susceptible de réduire l'emprise bâtie et le coût de génie civil associé par rapport aux scénarios Kaplan. Les dimensions précises seront arrêtées en phase AVP en concertation avec le constructeur retenu.
- Rénovation de la centrale existante : la centrale existante fera l'objet d'une rénovation de son installation électromécanique et électrique, incluant la transformation de son raccordement vers une solution en basse tension, en cohérence avec le schéma de raccordement global de l'aménagement.
- Pose de deux échelles limnimétriques dans la retenue précisant par un repère la cote normale d'exploitation (235,71 m NGF) : une au droit de la passe à poissons en rive gauche et une au droit de la future centrale en rive droite ;
- Raccordement au réseau haute tension HTA voisin.
- Suivi de la turbidité : lors du montage et du démontage des batardeaux, la turbidité sera suivie à l'aide d'un turbidimètre portable, avec mesures réalisées en amont (référence) et en aval immédiat du chantier. Les relevés seront effectués avant, pendant et après chaque opération selon les protocoles classiques applicables aux chantiers en milieu aquatique. En cas de dépassement significatif par rapport à la valeur de référence amont, des mesures correctives seront appliquées immédiatement. Pour l'ensemble du chantier, trois bassins de décantation réalisés en big bags remplis de sable seront aménagés dans le futur canal de défeuillage après excavation de celui-ci. L'ensemble des eaux pompées, tant dans le canal que sur la zone de chantier, y sera acheminé afin de garantir une décantation des matières en suspension avant rejet, avec un écoulement progressif vers le milieu récepteur.

L'implantation pourra se faire de la façon suivante :



- Remise en état du site : la première étape de remise en état consistera en l'enlèvement des batardeaux. Cette opération interviendra lorsque les conditions hydrauliques le permettront, hors période de crue, et une fois le chantier entièrement sécurisé. Le retrait sera effectué de manière progressive et maîtrisée afin d'éviter tout effet de chasse ou de relargage soudain de turbidité dans la Loue. Les matériaux constitutifs des batardeaux (big bags, palplanches, enrochements) seront évacués et revalorisés autant que possible, ou dirigés vers une filière de traitement agréée.
- Le site sera ensuite remis en état afin d'effacer toutes traces du chantier. Les berges seront ensemencées et végétalisées. Enfin, les ouvrages réalisés seront mis en service. Le cas échéant, on procèdera à des tests de fonctionnement et aux réglages nécessaires (asservissement, réglage des cotes de déversement, etc.). Un récolement des ouvrages réalisés sera effectué et transmis au Préfet.

II.3. Évaluation des dépenses d'établissement et de travaux

Les montants des travaux sont estimés à partir de prix d'ordre collectés sur des études similaires récentes. Pour les aménagements de petite puissance on peut constater d'importants écarts entre les offres des différentes entreprises pour une même fourniture. Les montants réels pourront donc varier par rapport à cette estimation en fonction du concept final d'aménagement sur lequel seront basées les propositions des fournisseurs et des entreprises. Ce phénomène est accentué par une grande volatilité des prix du marché (matières premières et énergie) et disponibilité des matériaux qui engendre une variation rapide et parfois importante de la fourniture et des travaux.

Le Tableau ci-après présente les montants estimés des travaux au stade faisabilité du projet selon les scénarios étudiés. Ces montants tiennent compte d'un aléa de 15 à 20 % sur chaque poste.

Poste de dépense	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Génie civil	700 000 €	780 000 €	350 000 €
Terrassement	400 000 €	420 000 €	350 000 €
Hydromécanique	900 000 €	1 300 000 €	800 000 €
Électricité / Automatismes	650 000 €	680 000 €	450 000 €
Études	200 000 €	200 000 €	140 000 €
Montage / Installation	50 000 €	80 000 €	80 000 €
Total	2 900 000 €	3 460 000 €	2 170 000 €
Total au Kw	5 811 €/kW	6 933 €/kW	4 348 €/kW

III. MOYEN DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION

L'exploitation de la centrale hydroélectrique sera assurée par la société Arc-et-Senans Hydro, s'appuyant sur son équipe d'exploitation existante.

III.1. Surveillance des ouvrages

III.1.1. Surveillance pendant les travaux

Un nombre important de précautions sera pris durant la phase travaux afin d'éviter tout risque de pollution. Au cas où un tel accident surviendrait, tout devra être mis en œuvre pour atténuer ou annuler les effets de l'accident (enlèvement des matériaux souillés et mise en décharge (ISDI), constitution d'un barrage de rétention dans la zone d'écoulement). En cas de pollution le pétitionnaire contactera les services chargés de la police de l'eau et de la pêche.

Durant les travaux, le risque hydrologique doit faire l'objet d'une attention particulière. L'observation des débits de la Loue conditionne la période d'intervention.

III.1.2. Suivi quotidien à distance

L'équipe d'exploitation relève plusieurs fois par jour les paramètres d'exploitation de l'ensemble des ouvrages de l'aménagement à distance via l'automate de gestion de la centrale. Les paramètres suivis en détail quotidiennement sont notamment :

- la puissance,
- le débit turbiné,
- la pression dans la conduite forcée,
- les températures et niveaux vibratoires des différents paliers.

Toute dérive non programmée est mise à jour dans les meilleurs délais, d'autant plus que des niveaux d'alertes sont programmés et intégrés dans l'automate de suivi de la centrale.

III.1.3. Inspections périodiques systématiques

L'aménagement, comme tous ceux gérés actuellement par le demandeur, fait l'objet d'inspections périodiques systématiques durant toute l'année. Ces inspections concernent l'ensemble des ouvrages de l'aménagement, à savoir la prise d'eau et la centrale. La conduite quant à elle fait l'objet de contrôles systématiques au moins une fois par an par un bureau de contrôle : Q18 et Q19.

III.1.4. Maintenance programmée

La maintenance usuelle (graissage, serrage des boulons mécaniques et électriques...) est réalisée selon les règles de l'art et planifiée à l'avance par l'équipe d'exploitation basée sur notre agence de Champagnole. Cette maintenance s'appuie, comme sur les autres centrales du demandeur ou de ses maisons mères, sur une démarche sur systématique de prévention et d'optimisation de la disponibilité des équipements.

III.1.5. Maintenance corrective

La maintenance corrective non programmée (pannes imprévisibles) est effectuée par l'équipe d'exploitation basée à Champagnole qui dispose d'un stock de pièces suffisant, notamment pour les pièces faisant partie de la chaîne de sécurité (capteurs de pression, capteurs de niveaux, cartes automate...). Cette maintenance est prioritaire par rapport à la maintenance programmée et est donc effectuée dans des délais rapides.

III.1.6. Astreinte 24H/24

Enfin, une astreinte 24h/24 est mise en place dans la continuité de celle existante sur les autres centrales du demandeur. En cas de message d'alerte, un technicien et un cadre d'astreinte sont mobilisés pour intervenir sur tout type de défaut.

III.1.7. Rapidité d'intervention

L'exploitation de la centrale hydroélectrique sera assurée par Nouvergies, en s'appuyant sur son équipe d'exploitation existante. En particulier, une partie de l'équipe d'exploitation est directement basée à Champagnole, dans le Jura. Leur capacité d'intervention est donc très rapide.

III.1.8. Consignes d'exploitation en cas de crue

Le temps de crue sera défini comme l'atteinte d'un niveau au barrage excédant d'environ 0,80 m la cote d'exploitation normale.

Dès lors, l'exploitant (généralement déjà informé que des conditions météorologiques ont cours qui rendent la survenue d'une crue possible) sera averti par télétransmission et se rendra sur les lieux au plus vite. Suivant l'importance et l'aspect des flots (charge en matériaux en suspension, corps flottants ou dérivants), la prise d'eau et la centrale seront ou non mises hors service.

La tournée débute obligatoirement alors par le barrage, afin de vérifier visuellement l'allure des écoulements et le comportement des ouvrages. L'exploitant vérifiera que la vanne de décharge et dégravage est bien ouverte par asservissement au niveau voulu.

En cas d'incertitude, l'exploitant restera sur place le temps de l'événement et reviendra jusqu'à la décrue, marquée par la descente de l'eau sous le niveau de consigne.

Il manœuvrera au besoin, partiellement ou totalement, le ou les vannage(s) permettant de soulager les contraintes hydrauliques qui s'exerceront sur les parties de l'ouvrage plus sollicitées (sauf si l'anomalie concerne l'organe en question, par corps ou du fait de sa manœuvrabilité limitée, pour cause d'obstruction ou avarie).

Dès que le niveau sera revenu à la normale, une inspection détaillée des ouvrages en eau aura lieu, quel que soit le programme des tournées à la période visée.

Les observations auxquelles donnent lieu les inspections et interventions en temps de crue sont systématiquement à consigner dans le registre de l'ouvrage, et ce même s'il ne s'agit pas d'incidents.

À noter que le scénario 3 (vis hydrodynamiques) offre une gestion simplifiée et plus résiliente en période de crue : la puissance est réduite progressivement via les variateurs de fréquence, tandis que le débit excédentaire s'évacue naturellement par surverse libre sur le seuil. L'absence de grille fine élimine par ailleurs tout risque de colmatage en période de fort débit, réduisant ainsi les interventions nécessaires sur site.

III.1.9. Consignes de chasses

Par nature, une chasse (ou hydrocurage) doit chercher à favoriser autant que possible l'entraînement des sédiments à l'aval. Deux types d'opérations peuvent être distingués :

- Les chasses de prise d'eau (pour son désencombrement ponctuel)
- Les chasses de hautes eaux (en lien avec les crues naturelles)

État actuel

Aucune accumulation significative de sédiments n'est observée à ce jour au niveau de la retenue. Les crues régulières de la Loue assurent déjà un rôle de chasse efficace, permettant le maintien du transit sédimentaire sans intervention complémentaire spécifique. L'arrêté d'exploitation en vigueur ne prévoit d'ailleurs pas, à ce stade, de consignes particulières autres que la possibilité de réaliser des chasses par ouverture de la vanne au seuil.

Toutefois, dans le cadre du projet, la gestion future de l'ouvrage intégrera un objectif de réalisation de **quatre chasses de crue par an**, sous réserve de conditions hydrologiques compatibles. Cet objectif, retenu au regard de la configuration relativement basse du seuil, vise à favoriser le transit sédimentaire, à limiter l'accumulation de matériaux au droit de l'ouvrage et à contribuer au bon fonctionnement hydraulique du site.

Si une accumulation de sédiments susceptible d'affecter le bon fonctionnement de l'ouvrage ou le milieu aval venait à être constatée, les consignes ci-après seraient appliquées et affichées à la centrale. En dehors des épisodes de crue assurant naturellement le transit sédimentaire, l'augmentation du débit transitant au droit de la vanne devra permettre d'attirer une part plus importante des matériaux vers la zone de chasse.

Chasses de prise d'eau

Ces opérations ponctuelles ne seront mises en œuvre que pour dégager un encombrement direct de la prise d'eau (gravier, embâcles légers).

- Débit de la Loue > 52,75 équivalent au module
- Ouverture partielle de la vanne pour un débit de chasse de 5 m³/s
- Pendant la période du 1^{er} décembre au 1^{er} avril, les temps de chasse seront limités à 1 heure maximum
- Pendant la période du 1^{er} avril au 1^{er} décembre, les temps de chasse seront limités à 3 heures maximum dans la mesure où le débit de la rivière est supérieur au module et la cote d'eau amont est stable

Chasses de hautes eaux

Ces opérations ne seront réalisées que lors de conditions hydrologiques de crue, c'est-à-dire lorsque le débit entrant à la prise d'eau dépasse 1,5 fois le module, soit environ 80 m³/s (module de la Loue à Arc-et-Senans : 52,75 m³/s).

- Période : uniquement pendant la phase montante ou le plateau de crue, afin de maximiser le charriage naturel.
- Durée : ajustée à l'épisode hydrologique, avec un minimum d'1 heure et prolongée tant que les conditions de crue perdurent.
- Ces chasses ne sont pas limitées saisonnièrement : à ces débits, les concentrations en MES sont naturellement élevées et ne posent pas de problème significatif à la faune.
- Objectif : résorber efficacement d'éventuels dépôts dans le remous, restaurer la continuité sédimentaire et éviter les colmatages.

Modalités techniques

Les chasses se feront par manœuvre de la vanne (clapet) de décharge, motorisée et automatisée dans le cadre du projet. L'exploitant sera alerté automatiquement lors de l'atteinte des seuils et assurera un suivi visuel périodique via les caméras de surveillance. Une vigilance particulière sera portée aux risques d'embâcles lors de débits élevés.

Projet de centrale hydroélectrique d'Arc-et-Senans

Demande d'autorisation environnementale – Pièce n°3

À noter que le scénario 3 (vis hydrodynamiques) simplifie la gestion des chasses : l'absence de grille fine élimine tout risque de colmatage par embâcles et réduit la fréquence des interventions nécessaires sur la prise d'eau.

III.1.10. Gestion des dégrillats

Les modalités de gestion des dégrillats diffèrent selon le scénario technique finalement retenu. Dans les scénarios n°1 et n°2 à turbines Kaplan, la protection de la prise d'eau sera assurée par une ou deux grilles ichtyocompatibles, associées à un dégrilleur automatique assurant l'évacuation régulière des flottants, embâcles et matériaux retenus ; les éléments extraits seront repris hors d'eau puis évacués vers des filières adaptées à leur nature.

Dans le scénario n°3, reposant sur l'installation de vis hydrodynamiques et constituant la solution pressentie à ce jour, les dégrillats correspondent principalement aux éléments flottants ou matériaux grossiers ne pouvant transiter au travers des vis. Leur gestion reposera sur une prégrille verticale équipée d'un dégrilleur circulant, destiné à repousser les matériaux retenus dans le sens du courant vers une vanne porte aménagée en tête d'un petit canal de défeuillage situé à droite des vis.

Ce dispositif permettra d'assurer l'évacuation gravitaire ou hydraulique des éléments compatibles avec ce cheminement, sans accumulation durable au droit des organes de prise d'eau. Les matériaux les plus encombrants, en particulier les embâcles volumineux ne pouvant être évacués par la vanne porte et le canal de défeuillage, seront repris manuellement ou mécaniquement depuis la berge, le long de la prégrille, puis découpés si nécessaire avant évacuation ou traitement selon leur nature.

L'ensemble de ces dispositions vise à garantir le bon fonctionnement hydraulique des ouvrages, à limiter les risques d'obstruction des équipements et à assurer une gestion adaptée des matériaux interceptés en phase d'exploitation. Les modalités précises d'organisation de l'entretien, de reprise et d'évacuation seront arrêtées dans le cadre des études d'exécution et de l'organisation d'exploitation du site.

III.2. Sécurité des personnes

III.2.1. Risque pendant les travaux

Risques de noyade : des consignes particulières seront prises en application de l'arrêté du 28 septembre 1971 sur les mesures de prévention contre le risque de noyade. Le personnel intervenant dans l'eau ou au bord de l'eau devra, à chaque fois que la situation l'exige, se servir des moyens de protection mis à sa disposition par l'entreprise. Le port du gilet de sauvetage sera recommandé.

Risques d'accidents corporels : ils sont liés principalement aux travaux de débroussaillage et de terrassement. Le pétitionnaire respectera les consignes de sécurité relatives à la réglementation en vigueur. Il sera fait appel, en cas d'accident, aux moyens de secours appropriés qui sont les suivants :

- Pompiers : 18
- SAMU : 15
- Gendarmerie Nationale : 17

III.2.2. Maintenance et contrôles réglementaires

Afin de renforcer la sécurité du personnel et des intervenants, la maintenance et le contrôle réglementaire de l'ensemble des équipements sont réalisés de façon périodique. La maintenance est effectuée selon les manuels et instructions d'entretien spécifiques et selon les règles de l'art. Les contrôles réglementaires sont effectués annuellement par des organismes agréés type APAVE ou VERITAS, afin de prévenir toute défaillance matérielle et risque pour le personnel d'exploitation : électricité, moyens de levage, extincteurs, EPI.

Pendant la phase de chantier, une mission complémentaire de CSPS sera souscrite afin de garantir la sécurité des personnes et des engins sur le site.

III.2.3. Personnel d'exploitation et autres intervenants

Le personnel d'exploitation a toutes les compétences requises pour mener à bien ses missions : aptitude médicale, formation et habilitation employeur (électricité, mécanique, incendie...). Chaque intervenant a à sa disposition et porte si nécessaire les équipements de protection individuelle (EPI) requis et adaptés aux travaux effectués. Ces équipements sont aux normes en vigueur : chaussures de sécurité, casques, gants appropriés à chaque intervention spécifique (électricité, mécanique, prélèvements d'huile, produits chimiques...), vêtements de travail, lunettes de protection, protections anti bruit... Les signalétiques déjà en place seront renforcées pour une meilleure information des usagers et riverains. D'une façon générale, chaque intervenant doit suivre les prescriptions et règles de sécurité déjà existantes et bien documentées au sein de l'entreprise.

III.2.4. Personnes tierces

L'accès aux différents ouvrages de l'aménagement hydroélectrique est sécurisé et limité strictement au personnel ou visiteurs autorisés. Des affichages précisant le caractère privé et dangereux de l'installation ont été mis en place essentiellement à la prise d'eau ainsi qu'au niveau de la centrale.

Un plan de Prévention des Risques est en place pour tous les intervenants sur les centrales du pétitionnaire

Concernant les chasses de nettoyage de la prise d'eau, les débits en cause restant dans l'ordre de grandeur des débits naturels, l'écart par rapport aux conditions naturelles auxquelles le public est confronté habituellement reste faible et ne peut être considéré comme créant un risque majeur. Néanmoins, les panneaux habituels de prévention seront mis en place aux points paraissant les plus accessibles des rives de la rivière en aval du seuil.

III.3. Sécurité des ouvrages

III.3.1. Le barrage

Aucun risque structurel pour le barrage lié à une réduction de la surverse n'a été identifié.

Dans le cadre du projet, le temps de surverse au barrage augmentera par rapport à la situation actuelle pour les débits de la Loue inférieurs au seuil d'armement du futur aménagement selon le scénario définitif tels que le présentent les tableaux précédents.

En revanche, la durée de surverse diminuera pour les débits compris entre $Q_r + Q_{arm}$ de T1 et $Q_r + Q_{eq}$ de T1+ T1' + T1'' + T2 m³/s, soit la plage de fonctionnement des deux installations à pleine capacité. Au-delà, les débits excédentaires sont évacués par surverse comme en situation actuelle. Néanmoins les débits turbinés au seuil sont prioritaires de sorte que les 10 à 27 supplémentaires transiteront dans le TCC avant armement de la turbine T2 du site actuel.

Dans tous les cas, le seuil restera soumis en permanence à la pression de la retenue amont, ce qui maintient les écoulements sous l'ouvrage à un niveau limité et prévient tout risque de déstabilisation des fondations.

III.3.2. Prise d'eau

En période de fortes eaux, l'aménagement projeté n'a pas d'incidence sensible, puisque l'eau est évacuée au niveau du seuil de déversement situé dans la rivière.

III.3.3. Centrale

Sur le plan électrique, la centrale possède tout 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. Des extincteurs idoines sont installés pour lutter contre d'éventuels feux électriques ou autres, dont une partie est automatique (sur les armoires électriques). De plus, le bâtiment de production est fermé et seul le personnel de l'exploitant est autorisé à entrer dans l'usine.

Le projet est concerné par le PPRI de la Loue, approuvé le 08/12/2008. Le site se situe en zone rouge. Dans cette zone, un projet de centrale est admis à condition que les équipements sensibles soient situés au-dessus de la cote de référence. La cote de référence est 237,2 m NGF. La passerelle actuelle au-dessus de la vanne de dégravage, déjà hors crue, servira de référence altimétrique pour le calage de l'ensemble des ouvrages.

Il est donc prévu d'installer les équipements sensibles à une cote minimale de 238,2 m NGF, soit 1 m au-dessus de la cote de référence du PPRI.

III.4. Mesures de sécurité

Le pétitionnaire informera la DDT ainsi que tous les services concernés des éventuels problèmes rencontrés lors de travaux, et ce dans les meilleurs délais.

Le pétitionnaire tiendra informée la DDT et tous les services concernés (communes notamment) de tout risque de débordement ou d'inondation, de toute pollution accidentelle du cours d'eau ou des sols, ou de toute constatation de mortalité piscicole, en précisant notamment la nature des dégradations observées, l'étendue des dégâts éventuels, ainsi que les mesures prises pour limiter ces dégradations.

III.5. Condition de remise en état du site après exploitation

A l'expiration de l'autorisation en cours, si aucun renouvellement d'autorisation n'a été accordé, le propriétaire sera tenu de supprimer l'équipement de production de la centrale.

Cette remise en état prévoit à minima le démontage de tous les aménagements aériens (prise d'eau et bâtiment de production essentiellement).

IV. DUREE DE L'AUTORISATION DEMANDEE ET DUREE PROBABLE DES TRAVAUX

La société Arc-et-Senans Hydro sollicite que la nouvelle autorisation lui soit octroyée pour une durée minimale de quarante (40) années.

Les travaux relatifs à la création d'une nouvelle centrale hydroélectrique devraient durer entre 8 et 10 mois mais potentiellement sur deux périodes d'étiage distinctes.

Il s'agit là d'une durée totale cumulée, puisque la plupart de ces travaux présentent un caractère saisonnier et que leur réalisation est subordonnée aux aléas climatiques. Le calendrier de travaux doit également tenir compte des périodes à éviter pour la faune et la flore.

Les travaux en rivière pourront commencer dès l'obtention de l'autorisation, en période d'étiage (avril à octobre), afin de réaliser les travaux de terrassement nécessaires à l'exécution des ouvrages de génie civil dans des conditions optimales. Des plannings d'intervention seront communiqués à la DDT et l'OFB dès validation avec les entreprises de travaux.

V. NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU

Rubrique	Intitulé exact (Nomenclature 2024)	Seuils	Régime applicable
1.2.1.0	À l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :	- A : 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 - D : 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	AUTORISATION
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	- A : Un obstacle à l'écoulement des crues - A : Un obstacle à la continuité écologique : 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 - D : 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 Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.	DÉCLARATION
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	- A : Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m - D : Sur une longueur de	AUTORISATION

Rubrique	Intitulé exact (Nomenclature 2024)	Seuils	Régime applicable
		cours d'eau inférieure à 100 m	
3.1.4.0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes	- A : Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m - D : Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m	DÉCLARATION
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L215-14 réalisé par le propriétaire riverain, du maintien et du rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation, des dragages visés à la rubrique 4130 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2150, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année :	- A : Supérieur à 2 000 m³ - A : Inférieur ou égal à 2 000 m³ dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 : - D : Inférieur ou égal à 2 000 m³ dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1	DECLARATION sauf si les analyses montrent des teneurs supérieures à S1
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau	- A : surface soustraite $\geq 10\,000\text{ m}^2$ - D : Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m²	DÉCLARATION
3.3.1.0	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant	- A : zone $\geq 1\text{ ha}$ - D : Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha	DÉCLARATION

VI. CONCLUSION

Le projet présenté par la société Arc-et-Senans Hydro constitue une optimisation significative de l'exploitation hydroélectrique du site de Roche-sur-Loue, en valorisant plus efficacement le potentiel énergétique existant. Il s'inscrit dans une démarche de production locale d'électricité renouvelable, sans création d'un nouvel obstacle à l'écoulement, sans modification de la chute brute exploitable et sans remise en cause des équilibres hydrauliques actuels.

La puissance maximale brute installée passerait de 625 kW, correspondant au droit d'eau actuellement exploité, à 781 kW, soit une augmentation de 156 kW. Cette évolution résulte de l'implantation d'un nouvel ouvrage de production au droit du seuil et de l'optimisation du fonctionnement de la centrale existante, sans modification de la chute brute ni du module du cours d'eau.

La société Arc-et-Senans Hydro sollicite ainsi une augmentation de 25% de la puissance maximale brute autorisée, portant la PMB de 625 kW à 781 kW. Dans le même temps, le débit dérivé vers la centrale existante est réduit, dans le cadre du projet, de 25 m³/s à 10 m³/s.

La cote d'exploitation demandée demeure fixée à 235,71 m NGF, strictement identique à la cote de référence actuelle. Cette stabilité garantit l'absence de modification de la ligne d'eau amont, tant en fonctionnement normal qu'en situation de délivrance du débit réservé, de sorte que le barrage amont du moulin de Larnaude n'est pas affecté par le projet. **Le débit réservé légal de 5,3 m³/s est par ailleurs maintenu en permanence au droit de l'aménagement.**

Sur le plan environnemental, le projet apporte plusieurs améliorations majeures par rapport à la situation actuelle. En priorisant le turbinage directement au droit du seuil de la première turbine, il réduit significativement le linéaire de tronçon de la Loue court-circuité, limitant ainsi les impacts sur le milieu aquatique liés à la dérivation des débits vers la centrale aval existante. Cette approche améliore les conditions hydrauliques dans le tronçon intermédiaire et contribue à une meilleure continuité des écoulements naturels.

La continuité écologique est intégralement préservée. La passe à poissons existante, reconnue fonctionnelle par l'ONEMA en 2015, est maintenue avec conservation de ses conditions d'alimentation, tandis que la passe à canoës demeure également fonctionnelle avec maintien des débits associés. S'agissant de la dévalaison, le projet s'oriente désormais vers le scénario reposant sur des vis hydrodynamiques, solution privilégiée à ce stade, dont le caractère ichtyocompatible permet d'assurer le transit piscicole tout en allégeant les dispositifs mécaniques annexes nécessaires dans les autres scénarios techniques.

Le dossier prend également en compte les incidences résiduelles sur les zones humides. La destruction ponctuelle d'une zone humide de type ripisylve sur enrochements, jugée de faible fonctionnalité, fait l'objet d'une mesure compensatoire consistant en la reconstitution d'une ripisylve fonctionnelle avec essences locales, selon un ratio de 200% par rapport à la surface ou au linéaire impacté, avec suivi du bon développement et possibilité d'ajustement si les objectifs écologiques ne sont pas atteints. La localisation précise des secteurs de compensation sera arrêtée en concertation avec l'EPAGE, identifié comme service expert sur la Loue, afin de retenir les sites les plus adaptés sur le plan écologique et fonctionnel.

La durée d'exploitation demandée de 40 ans offre un cadre cohérent avec l'importance des investissements projetés, la sécurisation de la production d'électricité renouvelable et la mise en œuvre d'un suivi durable des ouvrages et des mesures environnementales. Le projet s'inscrit ainsi pleinement dans les objectifs de développement des énergies renouvelables, tout en valorisant sobrement un site hydraulique existant et en préservant les fonctionnalités essentielles du milieu aquatique.

En définitive, le projet permet d'augmenter la production d'électricité renouvelable, de maintenir strictement la cote d'exploitation actuelle, de garantir le débit réservé, de renforcer les écoulements dans le tronçon court-circuité, de préserver la continuité piscicole de montaison et le franchissement par les canoës, tout en s'orientant vers une solution à vis hydrodynamiques ichtyocompatibles particulièrement adaptée au site.