

Maitrise d'oeuvre pour les travaux de confortement de la digue d'Oëx à Magland Phase AVP - Rapport

N° de référence : ARI 25-008

Rapport technique - Novembre 2025

hydrétudes
Groupe **altéreo**



Eau et territoires durables

Suivi et visa du document

Maître d'ouvrage	Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses affluents 300 Chemin des Près Moulin 74800 SAINT PIERRE EN FAUCIGNY
Opération	Maitrise d'oeuvre pour les travaux de confortement de la digue d'Oëx à Magland ARI 25-008 Anne-Violaine CHAFFANJON Phase AVP - Rapport
Emetteur	HYDRETUDES - Centre technique principal 815, route de Champ Farçon 74370 ARGONAY Tél : 04.50.27.17.26 Mail : contact@hydretudes.com
Document	Rapport technique Version 2.1 -Novembre 2025

Indice	Date	Mise à jour	Rédigé par	Vérifié par
1	30/09/2025	Première version	AVC	LG
2	27/11/2025	Version modifiée	AVC	LG
3				
4				
5				

Sommaire

1.	PRESENTATION GENERALE DE L'OPERATION	8
1.1.	Digue existante et enjeux à protéger.....	9
1.2.	Objectifs de la mission.....	9
2.	CONTEXTE DU PROJET DE CONFORTEMENT DE LA DIGUE	10
2.1.	Présentation générale des données d'entrées.....	10
2.1.1.	Données topographiques.....	10
2.1.2.	Données d'études.....	10
2.2.	Réseaux présents à proximité du site	11
2.3.	Contraintes spécifiques	13
2.3.1.	Usine Gradel Baudin SAS	13
2.3.2.	Voirie agricole sous le pont de l'ATMB.....	14
2.3.3.	Raccordement aval au niveau du pont de l'ATMB	15
2.3.4.	Raccordement amont au niveau du pont SNCF	16
2.4.	Contextes réglementaires et foncières.....	18
2.4.1.	Plan Local d'Urbanisme	18
2.4.2.	Plan des risques inondation PPRI.....	18
2.4.3.	Le foncier limitrophe au projet.....	20
2.5.	Contexte environnemental.....	21
2.5.1.	Résultats par groupe taxonomique – mesures associées.....	22
2.5.2.	Gestion des boisements et de la ripisylve.....	25
2.5.3.	Implications réglementaires et actions à programmer.....	25
2.6.	Diagnostic de l'état actuel.....	26
2.7.	Conditions d'écoulement.....	28
2.7.1.	Hydrologie.....	28
2.7.2.	Analyse hydraulique	28
2.7.3.	Présence de bancs dans le lit mineur	30
2.7.4.	Gestion des eaux pluviales.....	30
3.	ANALYSE DES SOLUTIONS TECHNIQUES.....	31
3.1.	Analyse de la solution de confortement proposée par Artélia.....	32
3.2.	Solution technique proposée sur les secteurs non contraints par les emprises - TA et TD	

3.3.	Analyse des solutions alternatives aux palplanches sur le secteur situé le long de l'usine Gradel Baudin	34
3.3.1.	Solution n°1 : Palplanches aciers	34
3.3.2.	Solution n°2 : Digue en enrochements liés béton	36
3.3.3.	Solution n°3 : Digue en enrochements libres rehaussée avec un mur en L en béton armé	39
3.3.4.	Comparaison entre les solutions techniques	42
3.4.	Analyse de l'impact du scénario S2	48
3.4.1.	Justification des techniques utilisées	48
3.4.2.	Incidences hydrauliques	49
3.4.3.	Hauteur d'eau et vitesses d'écoulement	49
3.4.4.	Contraintes hydrauliques	49
3.5.	Description de la solution retenue	50
3.5.1.	Profil en long du projet	53
3.5.2.	Déversoir	55
3.5.3.	Accès pour l'entretien des digues	56
3.5.4.	Raccordements aux talus SNCF et autoroutier	57
3.6.	Rétablissement du chemin agricole	58
3.6.1.	Implantation de la route agricole	58
3.6.2.	Détails de la route agricole	60
3.7.	Remise en état de la voirie de l'usine	60
4.	DIMENSIONNEMENT DE LA PROTECTION PAR ENDIGUEMENT	61
4.1.	Principes et hypothèses principales retenues	61
4.2.	Dimensionnement des ouvrages en enrochements libres	62
4.2.1.	Calculs de la blocométrie	62
4.2.2.	Épaisseur et fruit de la protection de berge	63
4.2.3.	Sabot anti-affouillement	64
4.2.3.1.	Historique de l'évolution du profil en long de l'Arve	64
4.2.3.2.	Affouillement localisé en crue	64
4.2.4.	Dimension du sabot anti-affouillement	66
4.2.5.	Géotextile anti-contaminant et matériaux d'assise	67
4.3.	Dimensionnement des ouvrages en enrochements liés	68
4.4.	Dimensionnement du mur en béton armé	68
4.5.	Dimensionnement de la revanche	68
4.6.	Dimensionnement du déversoir	69

4.7.	Ressuyage des crues – système de vidange.....	70
4.8.	Eléments constructifs généraux des digues en remblais	71
4.8.1.	Matériaux	71
4.8.2.	Clef de drainage	71
4.8.3.	Végétalisation.....	71
4.9.	Bilan du risque inondation à l'état avant-projet.....	71
4.10.	Points spécifiques	72
4.11.	Vérification de la stabilité géotechnique.....	72
4.11.1.	Contexte géotechnique	72
4.11.2.	Investigations et données disponibles.....	73
4.11.3.	Digue Amont et Aval	74
4.11.3.1.	Profil de calculs.....	74
4.11.3.2.	Caractéristiques mécaniques	75
4.11.4.	Niveaux d'eau.....	75
4.11.5.	Méthode de calcul.....	75
4.11.6.	Hypothèses sous sollicitations sismiques.....	76
4.11.7.	Résultats	76
4.11.1.	Dispositions constructives préconisées pour la réhausse de la digue existante	76
4.11.2.	Points en suspens à préciser en G2PRO	78
4.12.	Mesures environnementales.....	78
5.	GESTION DU CHANTIER – ZONE D'INSTALLATION ET ACCES	79
5.3.	Dérivation et batardeaux	80
5.3.1.	Pré-dimensionnement du batardeau.....	81
5.4.	Gestion des déblais / remblais	82
5.4.1.	Production de matériaux 20/200 mm	82
5.4.1.1.	Besoins en matériaux 20/200mm.....	82
5.4.1.2.	Production des matériaux 20/200mm.....	82
5.4.2.	Gestion des matériaux fins.....	83
5.4.2.1.	Synthèse des volumes de matériaux fins à gérer.....	83
5.4.2.2.	Comblement des fosses d'emprunt	83
5.4.2.3.	Remodelage des matériaux excédentaires.....	84
5.4.3.	Gestion des matériaux contenant de la renouée du Japon.....	84
5.5.	Métrés principaux de la solution S2	85
5.6.	Mouvement des terres.....	87
5.7.	Planning prévisionnel des travaux.....	88

6.	DEMARCHES OPERATIONNELLES	88
6.1.	Cadre réglementaire et procédures.....	88
6.2.	Stratégie foncière.....	89
6.3.	Incertitudes.....	89
7.	ESTIMATION FINANCIERE.....	90
8.	ANNEXES	92
8.1.	Annexe n°1 : Note sur la modélisation hydraulique	92
8.2.	Annexe n°2 : Rapport des inventaires 4 saisons d'ECOSYSTEMIC.....	92
8.3.	Annexe n°3 : Rapport géotechnique G2AVP.....	92
8.4.	Annexe n°4 : Plans AVP.....	92

Liste des figures

Figure 1 : Périmètre du projet (source : CCTP – SM3A)	8
Figure 2 : Digue d'Oëx – Gradel Baudin (source : Hydrétudes- 2025)	9
Figure 3 : Plan des réseaux (source : Hydrétudes).....	12
Figure 4 : Accès agricole sous le pont de l'A40 - ATMB (source : Hydrétudes)	14
Figure 5 : Photographie du site - vue du Pont ATMB en rive droite au niveau du chemin agricole (2025)	15
Figure 6 : Vue sur la zone du raccordement amont - talus et pont SNCF (source : Extrait de l'orthophotographie 2024 - SM3A).....	16
Figure 7 : Photographie du site - vue sur la berge en rive droite en prolongement du Pont SNCF (Inspection 2024 des appuis immergés du pont ferroviaire sur l'Arve – Ligne 895000 PK 35+544)..	17
Figure 8 : Extrait du plan de zonage du Plan Local d'Urbanisme de Magland. (source : 2003136PLU_modif 24 juillet 2009 Model (1)	18
Figure 9 : Extrait du plan des Risque Inondation de 2016 (source Plan de prévention des risques - Commune touristique).....	19
Figure 10 : Extrait du cadastre en ligne de Magland. (source : https://france-cadastre.fr/cadastre/magland).....	20
Figure 11 : Interface entre le projet de digue (Solution S2) et le plan cadastral	21
Figure 12 : Périmètre de l'aire d'étude et cartographie des espèces floristiques à enjeu de conservation (source : Ecosystémic)	24
Figure 13 : Localisation des indices castors et présence des reptiles (source : Ecosystémic)	26
Figure 14 : Photographies du site - vue sur la digue existante le long de la zone d'étude	27
Figure 15 : Etat actuel - Hauteur d'eau – Q10.....	29
Figure 16 : Etat actuel - Hauteur d'eau – Q100	30
Figure 17 : Plan sur la décomposition du secteur d'étude en quatre tronçons homogènes.....	31
Figure 18 : Solution n°1, 2 et 3 –Secteur amont - SNCF - Profil en travers A-A'	33

Figure 19 : Solution n°1, 2 et 3 –Secteur aval- A40 de l'ATMB - Profil en travers D-D'	34
Figure 20 : Solution n°1 – Vue en plan de la digue en palplanches.....	35
Figure 21 : Solution n°1 – Profil en travers B-B' de la digue en palplanches	36
Figure 22 : Solution n°2 – Vue en plan de la digue en enrochements liés.....	37
Figure 23 : Solution n°2 – Profil en travers B-B' de la digue en enrochements liés.....	38
Figure 24 : Solution n°2 – Profil en travers C-C' du déversoir de la digue en enrochements percolés	39
Figure 25 : Solution n°3 – Vue en plan de la digue en enrochements libre et du mur en béton	40
Figure 26 : Solution n°3 – Profil en travers B-B' de la digue en enrochements libres avec mur en béton	41
Figure 27 : Solution n°3 – Profil en travers C-C 'du déversoir de la digue en enrochements percolés	42
Figure 28 : Solution retenue – Vue en plan de la digue en enrochements liés.....	51
Figure 29 : Solution retenue (S2) – Profil en long de la digue	54
Figure 30 : Profil en travers C-C' de la digue au niveau du déversoir (S2).....	55
Figure 31 : Profil en long de la digue au niveau du déversoir.....	56
Figure 32 : Profil en travers de la jonction entre la digue et le talus SNCF.....	58
Figure 33 : Vue en plan du rétablissement de la route agricole.....	59
Figure 34 : Profil en long du rétablissement de la route agricole.....	59
Figure 35 : Formule d'Izard et Bradley pour calculer la profondeur d'affouillement théorique.....	65
Figure 36: Fossé de drainage le long de l'A40 à l'aplomb de l'usine BG TP	70
Figure 37 : Phase travaux – aménagements principaux en phase travaux.....	80
Figure 38 : Profil en travers de principe du lit mineur en phase travaux avec implantation du batardeau	81
Figure 39 : Niveaux d'eau dans la dérivation de l'Arve en rive gauche pour Q2.....	82
Figure 40: Gestion des matériaux contaminés dans les fosses d'emprunt.....	83
Figure 41 : Photographie du site – renouée du Japon (2025).....	84
Figure 42 : Mouvement des terres prévisionnel appliqué à la présente opération pour la solution S2	87

Liste des tableaux

Tableau 1 : Inventaire 4 saisons - calendrier	22
Tableau 2 : Résultats provisoires des inventaires 4 saisons.....	22
Tableau 3 : Actions clés - calendrier	25
Tableau 4 : Débits retenus pour ce dimensionnement du confortement de digue d'Oëx	28
Tableau 5 : Analyse comparative des solutions techniques	43

Tableau 6 : Contraintes tractrices admissibles pour les lits de plants et plançons (Sangalli 2019) et pour les parements en enrochements (Bonin et al., 2013).....	48
Tableau 7 : Hauteurs et vitesses estimés (Etat actuel – AVP-S2).....	49
Tableau 8 : Force tractrice en fonction des types de crue – P18 (Etat actuel et AVP-S2).....	50
Tableau 9 : Caractéristiques principales des protections retenues	52
Tableau 10 : Niveaux d'eau à Q100 et côte de la digue retenue à l'AVP.....	53
Tableau 11 : Caractéristiques du déversoir (solution 3).....	55
Tableau 12 : Paramètres utilisés pour les calculs de la blocométrie des enrochements	62
Tableau 13 : Blocométrie des enrochements	62
Tableau 14 : Fuseau granulométrique pour des enrochements.....	63
Tableau 15 : Les caractéristiques des écoulements de l'Arve sur le secteur d'Oëx.....	65
Tableau 16: Caractéristiques du sabot.....	66
Tableau 17 : Niveau d'arase supérieure du sabot par rapport au fond bathymétrique de l'Arve.	67
Tableau 18 : Rubriques de la loi sur l'eau, extrait DDT74.....	89
Tableau 19 : Montant financier des travaux des solutions techniques.....	91

1. Présentation générale de l'opération

Le périmètre d'étude est localisé sur la commune de Magland dans le département de la Haute-Savoie (74). Il se trouve en rive droite de l'Arve, au lieu-dit « Oëx » (cf. Figure 1 et 2).

Le projet de confortement de la digue d'Oëx (Gradel Baudin) a été étudié en 2020 au stade AVP par le bureau d'études ARTELIA. Dans le cadre d'une maîtrise d'œuvre complète, les études de conceptions sont remises à jour en prenant en compte de nouvelles hypothèses. Le présent document présente les études d'Avant-Projet.

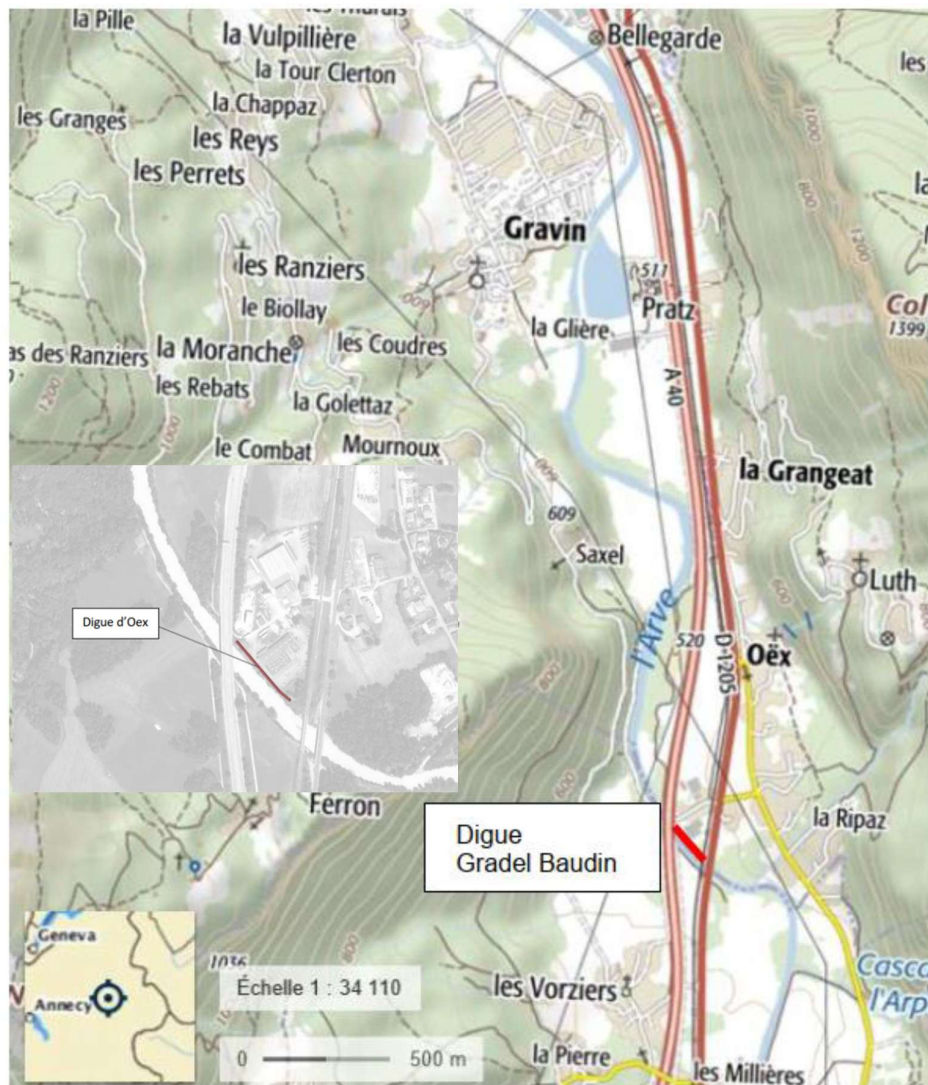


Figure 1 : Périmètre du projet (source : CCTP – SM3A)

1.1. Digue existante et enjeux à protéger

La digue d'Oëx (Gradel Baudin) est constituée d'un seul tronçon homogène, et protège en premier lieu l'usine Gradel Baudin des crues de l'Arve. Elle s'étend sur un linéaire d'environ 200 m et présente une largeur en crête d'environ 2.5 – 3.0 m ainsi qu'une hauteur moyenne d'environ 1.5 m par rapport au terrain naturel. Côté rivière, elle repose sur un talus de forte pente constitué par des blocs enrochements/béton de taille variable et ponctuellement métrique, partiellement végétalisés par des arbres et arbustes.

Actuellement, cette digue protège l'usine pour un débit proche d'une crue décennale de l'Arve.

La digue actuelle n'est pas classée, à ce jour, comme un système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement (R.214-112 à R.214-114).



Figure 2 : Digue d'Oëx – Gradel Baudin (source : Hydrétudes- 2025)

1.2. Objectifs de la mission

La présente mission de maîtrise d'œuvre consiste à concevoir et suivre les travaux de confortement de la digue d'Oëx à Magland vis-à-vis des crues de l'Arve. La mission comprend également l'élaboration des dossiers réglementaires nécessaires à l'obtention des autorisations administratives pour la réalisation des travaux.

La digue doit faire l'objet d'un confortement visant à :

- Assurer un niveau de protection du secteur d'Oëx pour la crue centennale ;
- Assurer sa stabilité et son étanchéité.

La première phase d'étude consiste à mettre à jour d'AVP produite par Artélia en prenant en compte de nouvelles hypothèses de débit de projet et de niveau du fond de l'Arve. En effet :

- L'hydrologie de l'Arve a été révisée par une étude d'EDF de 2021 mettant en œuvre la méthode SCHADDEX à Sallanches, conduisant à **une augmentation du débit de crue centennal** sur le tronçon d'étude, qui correspond à la crue de projet ;
- Le calage des ouvrages réalisé par (ARTELIA, 2020) s'appuie sur **l'hypothèse du fond haut** du plan de gestion des matériaux solides de l'Arve (fond déclenchant une opération de curage), et non sur le fond de lit actuel. Sur la base des derniers levés topographiques et bathymétriques, l'étude doit confirmer la tendance à l'engravement sur ce tronçon et en fonction des résultats de l'analyse proposer éventuellement la remise en question de cette hypothèse, notamment sur la base des derniers levés topographiques.

Il s'agit de proposer un projet optimisé et qui intègre une végétalisation adaptée garantissant une bonne intégration paysagère de la nouvelle digue dans son site.

2. Contexte du projet de confortement de la digue

2.1. Présentation générale des données d'entrées

2.1.1. Données topographiques

Les données topographiques recueillies sont :

- **Données topographiques de la digue : SINTEGRA 2024, 2018 et 2013 ;**
- **Campagne LIDAR lit mineur** – octobre 2015, février 2020 et février 2024- SINTEGRA ;
- **Orthophotoplan –2024** –.SM3A ;
- **La campagne bathymétrique -2012 et 2024**–.SM3A ;
- **La campagne bathymétrique -juin 2025**–.SM3A.

2.1.2. Données d'études

Les données recueillies dans le cadre de cette étude sont :

Général :

- Plan de gestion "8412278_PGMS_Arve_amont_VF2.pdf" : Plan de gestion des matériaux solides sur le réseau hydrographique du bassin versant de l'Arve ;
- Visites techniques approfondies (VTA) – (ARTELIA- 2022 et 2024) ;

En hydrologie :

- Etude d'EDF : l'aléa de crue de l'Arve à Sallanches par la méthode SCHADEX (EDF-2021) ;

En hydraulique :

- Modèle hydraulique sous TELEMAT -bidimensionnel en régime transitoire (ARTELIA) ;
- Etude de faisabilité pour l'optimisation des aménagements de protection des crues de la moyenne et basse vallée de l'Arve (ISL - 2017) ;
- Etude hydraulique de travaux d'aménagement pour la protection contre les inondations des secteurs de Gravin, du Val d'Arve et de la Tour (ARTELIA – 2018 et 2020) ;
- Laisses de crue du 13-11-2023 (SM3A).

En environnement :

- Inventaire quatre saisons Habitats – Faune - Flore – ECOSYSTEMIC – septembre 2024/ septembre 2025 ;

En géotechnique :

- Reconnaissances géotechniques en rive droite (Hydrogéotechnique sud-est – 2018) ;
- Reconnaissances géophysiques (IMG – 2018) ;
- Reconnaissance géotechnique- PRA d'OËX sur l'Arve et résultats des sondages – 2017 ;
- Reconnaissances géotechnique et géophysiques (Sage Ingénierie – 2025).

2.2. Réseaux présents à proximité du site

Les réseaux présents à proximité du site sont les suivants (DT d'août 2025) :

- ➔ Ligne téléphonique ORANGE – souterrain → Ligne téléphonique le long de la ligne SNCF, interface potentielle sur la zone de raccordement des deux talus ; présence ponctuelle en rive droite en dehors du périmètre des travaux ;
- ➔ Réseau Bouygues télécom → Ligne téléphonique à l'axe de l'Arve et coupe le projet au niveau de l'accès agricole ;
- ➔ Remblai de l'ATMB → interface en aval du périmètre travaux ;
- ➔ Remblai SNCF → interface en amont du périmètre des travaux ;
- ➔ Réseau GTR – gaz → en dehors du périmètre travaux ; en rive gauche
- ➔ Réseau ENEDIS– souterrain BT 1 → réseau à 65m de profondeur avec des branchements souterrains le long de l'accès agricole et de la route de la gare d'Oëx. Coupe le périmètre des travaux ;
- ➔ Exutoire EP de l'ATMB : en dehors de la zone projet à confirmer (en attente des plans détaillés de l'ATMB) ;
- ➔ Exutoire EP de l'usine Gradel Baudin : non signalé par la DT mais présence d'un réseau pluvial avec regards à grille constaté sur site avec un rejet pluvial vers l'Arve dans la zone de travaux.

Durant la phase chantier, des mesures devront être prises, particulièrement pour respecter la distance de sécurité vis-à-vis des réseaux et la gestion des réseaux pluviaux existants.

La figure suivante présente les différents réseaux présents au niveau du projet et à proximité.

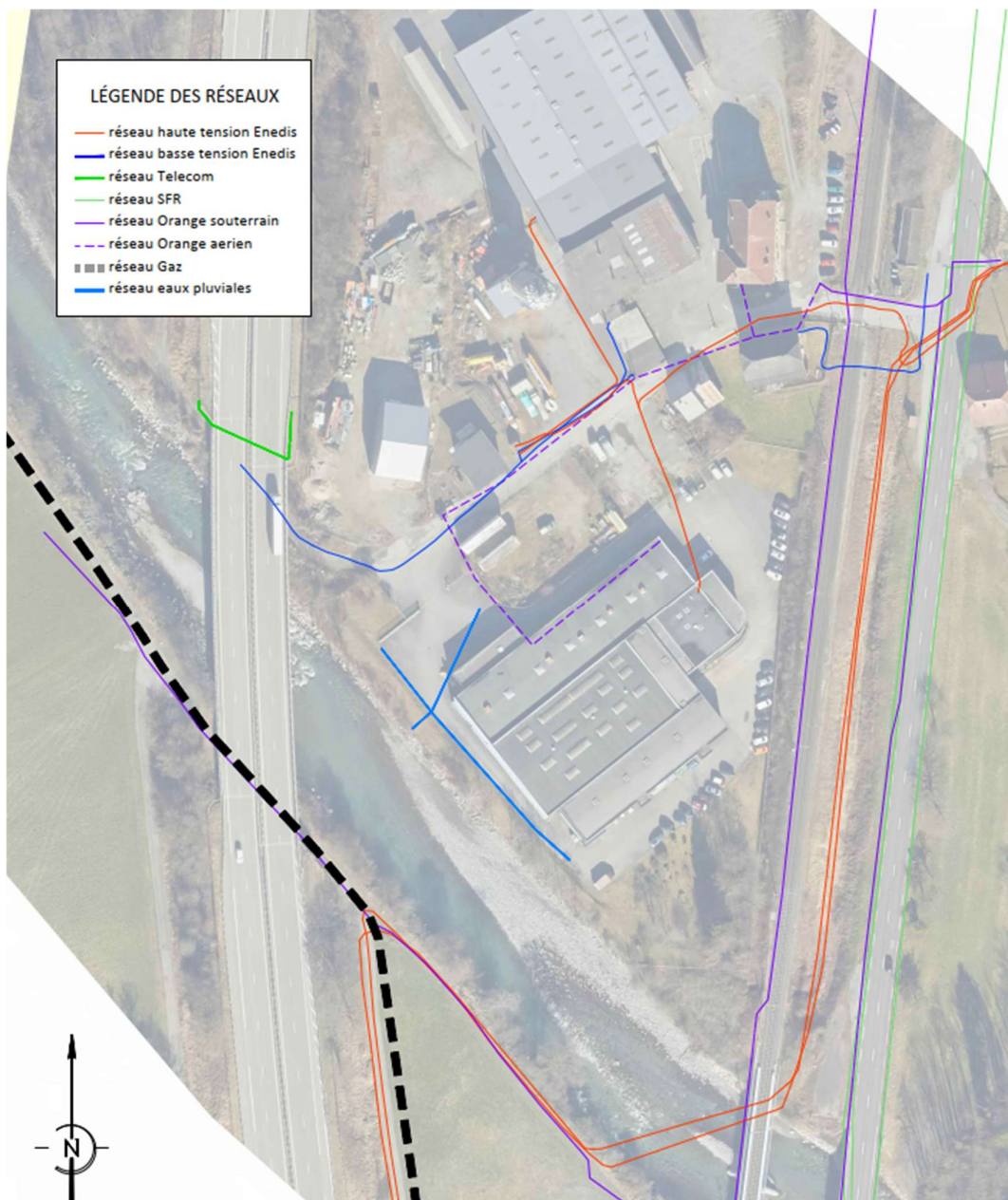


Figure 3 : Plan des réseaux (source : Hydrétudes)

2.3. Contraintes spécifiques

Il a été noté les points spécifiques suivants, à prendre en compte dans le cadre des travaux :

- Présence de l'usine Gradel Baudin à proximité immédiate de la digue (moins de 10m) ;
- Présence d'une voirie agricole sous le pont de l'ATMB ;
- Présence du pont de l'A40 de l'ATMB au niveau du raccordement aval de la future protection ;
- Présence du pont ferroviaire SNCF au niveau du raccordement amont de la future protection ;
- Présence d'un ouvrage hydraulique (aqueduc) sous le talus SNCF dont l'exutoire vers l'Arve est à conserver.

2.3.1. Usine Gradel Baudin SAS

Un enjeu important du projet consiste en la présence de **l'usine Gradel Baudin** à proximité immédiate (moins de 10 m) de la digue de l'Arve, dans le hameau d'Oëx. Son activité correspond à des opérations industrielles sensibles (usinage, trempe, etc.). Elle assure la fabrication de vis et d'écrous pour des systèmes de transmission mécanique, notamment des vis trapézoïdales et à billes, par roulage à froid et usinage.

Il s'agit d'intégrer dans la conception du projet et dans sa réalisation les éléments suivants :

- Usage de machines de précision qui présentent une sensibilité importante aux vibrations ;
- Flux réguliers de camions (entre 5 et 10 par jours) pour les livraisons et expéditions avec passage journalier de semi-remorques au niveau de l'accès routier qui entoure l'usine et particulièrement celle, très étroite, qui est située entre la digue et l'usine. Lors des discussions avec le gérant de l'usine, il ne semble pas possible d'envisager un accès temporaire différent ;
- Absence de période d'interruption de l'usine qui fonctionne en continu (horaire de 4h à 22h) toute l'année à l'exception de la semaine de congé de fin d'année (semaine 52).

De façon générale, le confortement du système d'endiguement est localisé en limite du foncier de l'usine et il est fortement probable que la réalisation des travaux nécessite une occupation temporaire et/ou un accès temporaire sur la zone située entre l'usine et la digue existante.

Ainsi, la coordination avec le responsable technique de l'usine sera indispensable lors de la préparation des travaux afin de planifier les interventions et éviter au maximum les interférences avec les activités de l'usine.

En conséquence, le projet AVP prend comme hypothèses les éléments suivants :

En phase conception :

- Le système d'endiguement doit respecter la largeur de l'accès actuel entre l'usine et la digue ; A noter que la limite foncière est située sur la digue actuel et non en limite de la voirie (parcelles 2564 et 2569) ;
- La surverse sera décalée au maximum vers l'aval afin d'éviter les interfaces avec le bâtiment de l'usine et l'accès périphérique.

En phase travaux :

- Impossibilité de supprimer, même ponctuellement l'accès actuel entre l'usine et la digue. L'utilisation de cet accès de façon ponctuelle lors des travaux reste à définir ;

- Il devra être pris en compte la sensibilité de l'outil de production dans les choix des solutions techniques afin d'assurer leur faisabilité. Le gérant de l'usine doit fournir le niveau de sensibilité des machines afin de pouvoir apporter cette précision dans le DCE ;
- La possibilité d'utiliser une partie du foncier de l'usine pour les installations de chantier n'est pas exclu à ce stade.

2.3.2. Voirie agricole sous le pont de l'ATMB

Le pont autoroutier de l'ATMB rétablit le long de la rive droite de l'Arve un chemin de terre. Celui-ci assure la continuité entre la rue de la gare d'Oëx et les parcelles agricoles situées en rive droite de l'Arve. Il permet aussi de rejoindre le passage inférieur sous l'A40 vers le secteur de La Grangeat de la commune de Magland, situé à environ 1.5km en aval du projet.

Le projet AVP prend comme hypothèses les éléments suivants :

En phase conception :

- Conserver le rétablissement de l'accès agricole et de l'accès au pont de l'A40 au-dessus de la future digue ;
- Conserver une largeur de voirie de 3.5m minimum ;
- La remise en état des emprises occupées par le chantier (accès ou stockage) – remplacer la structure en terre actuelle par une structure granulaire.

En phase travaux :

- Possibilité de supprimer ponctuellement l'accès motorisé au pont de l'A40 et aux parcelles agricoles. Il existe un accès à ce secteur par le passage inférieur sous l'A40 situé sur le secteur de La Grangeat.



Figure 4 : Accès agricole sous le pont de l'A40 - ATMB (source : Hydrétudes)

2.3.3. Raccordement aval au niveau du pont de l'ATMB

Les travaux de la digue d'Oëx en rive droite se raccorderont en aval sur le talus autoroutier de l'ATMB (A40) et non pas sur la digue existante qui à l'état actuel s'interrompt au niveau du pont de l'ATMB.

La zone de raccordement a été définie de telle sorte à pouvoir respecter un accès longitudinal de 3m à l'ouvrage d'art autoroutier permettant la mise en place d'une nacelle d'entretien pour le pont.

La digue viendra ainsi se refermer sur le talus de l'ATMB après l'extrémité du tablier du pont.

Les rejets d'assainissement des eaux de drainage issues de l'ATMB devront être rétablis. Il est noté la présence d'une descente d'eau sur le talus.

Le fossé d'assainissement longitudinal à l'autoroute est partiellement remblayé au niveau du futur raccordement sur le talus de l'A40, en lien avec l'occupation du foncier de l'ATMB par l'entreprise BG TP. L'analyse de la topographie du secteur compris entre la D1205 et l'ATMB indique que les écoulements longitudinaux à l'ATMB ne rejoignent pas l'Arve au niveau de la digue existante mais s'écoulent vers le nord.



Figure 5 : Photographie du site - vue du Pont ATMB en rive droite au niveau du chemin agricole (2025)

2.3.4. Raccordement amont au niveau du pont SNCF

Les travaux de la digue d'Oëx en rive droite se raccorderont en amont sur le talus ferroviaire de la SNCF et non pas sur la digue existante qui, à l'état actuel, s'interrompt au niveau du pont SNCF.

La zone de raccordement a été définie de tel sorte à pouvoir conserver l'exutoire de l'ouvrage hydraulique existant sous la voie ferrée SNCF (Cf. photos de l'aqueduc dans l'annexe n°1). La digue viendra ainsi se refermer sur le talus SNCF en limite de cet ouvrage.

Après le constat fait sur le terrain de l'absence d'accès au pont SNCF et la confirmation des personnels de la SNCF, il n'est pas attendu du projet de créer un accès d'entretien vers le tablier du pont ferroviaire. Celui-ci est uniquement accessible via le délaissé existant entre la RD1205 et la ligne SNCF.

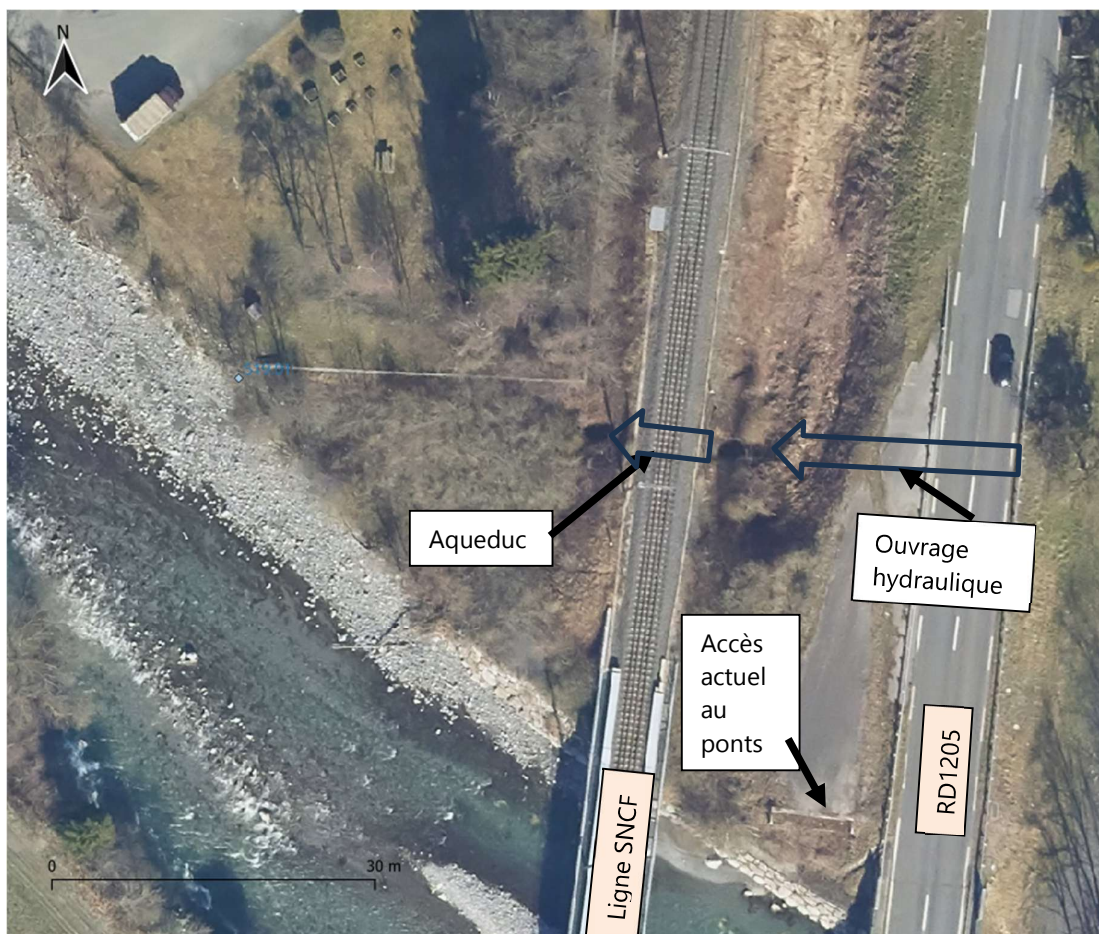


Figure 6 : Vue sur la zone du raccordement amont - talus et pont SNCF (source : Extrait de l'orthophotographie 2024 - SM3A)

L'ouvrage hydraulique existant dans le talus SNCF assure la continuité des eaux du point bas topographique situé contre le talus de la D1205. L'ouvrage hydraulique sous la D1205 se prolonge sous la voie SNCF par un aqueduc.

Cet aqueduc localisé au pk (point kilométrique) ferroviaire 35.490 est un ouvrage voûté plein cintre en maçonnerie de pierres jointoyées. Il est considéré comme en état satisfaisant par la SNCF. Il présente une ouverture de $O=2\text{m}$, hauteur libre en clé de $H=2,1\text{m}$ et une longueur sous voie $L=10\text{m}$. Il oriente les eaux vers l'Arve. Il est attendu du projet la conservation de cet écoulement.

Il est noté la présence d'une protection en enrochements en prolongation du perré du pont SNCF, mis en place lors de la réfection du pont et l'ajout de sa pile centrale.



Figure 7 : Photographie du site - vue sur la berge en rive droite en prolongement du Pont SNCF (Inspection 2024 des appuis immergés du pont ferroviaire sur l'Arve – Ligne 895000 PK 35+544)

La présence importante de végétation n'a pas permis de visualiser précisément la zone de raccordement de la future digue avec le talus ferroviaire. Il sera éventuellement nécessaire d'adapter le raccordement amont après les travaux de défrichage de la zone.

2.4. Contextes réglementaires et foncières

Les contraintes présentées ci-après impactent l'implantation du projet en vue en plan, aussi bien pour respecter si possible, les distances/foncier avec l'usine Gradel Baudin, que pour respecter les attentes et prescriptions techniques de la SNCF et de l'ATMB.

2.4.1. Plan Local d'Urbanisme

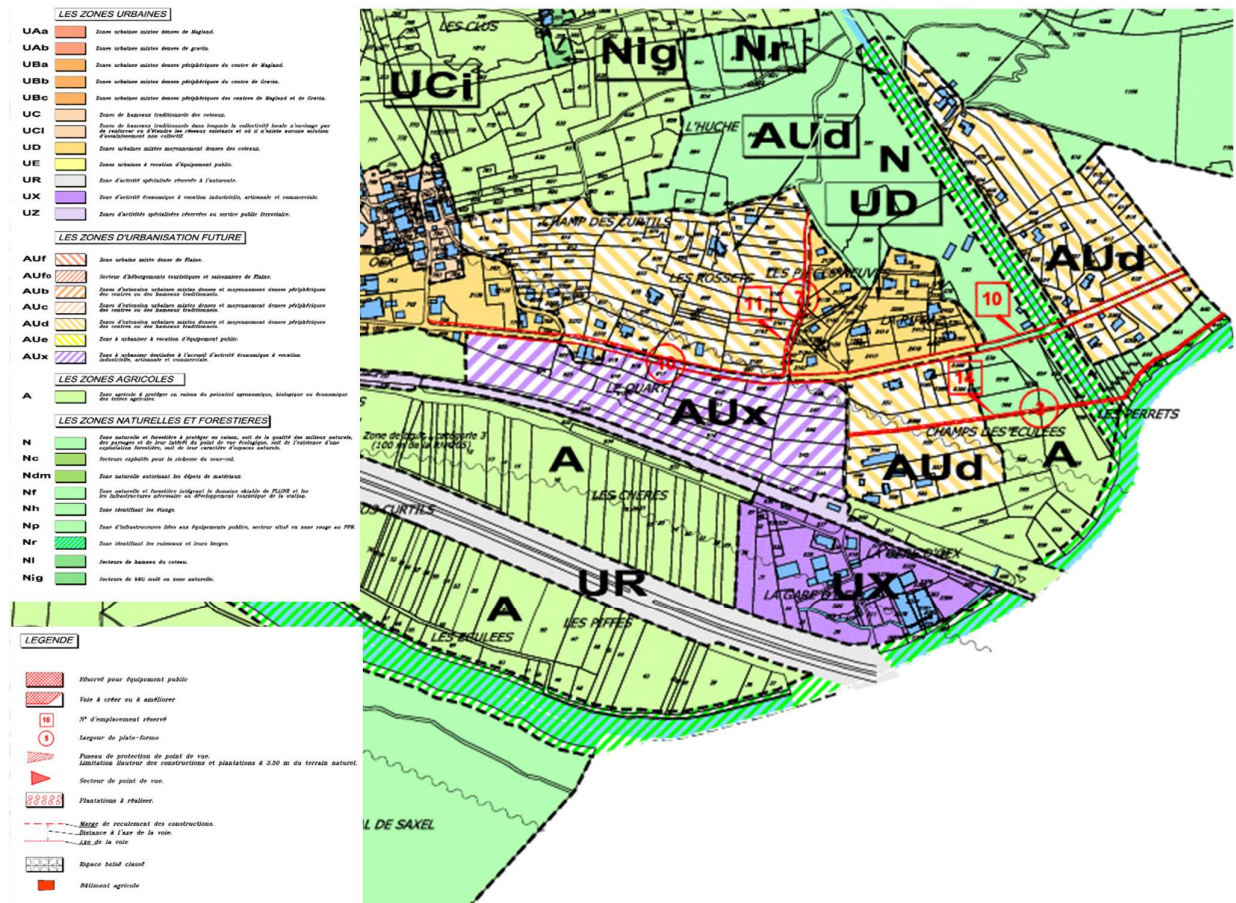


Figure 8 : Extrait du plan de zonage du Plan Local d'Urbanisme de Magland. (source : [2003136PLU_modif 24 juillet 2009 Model \(1\)](#))

Le secteur du projet est en **zone UX**. Il s'agit d'une zone d'activité économique à vocation industrielle, artisanale et commerciale.

2.4.2. Plan des risques inondation PPRI

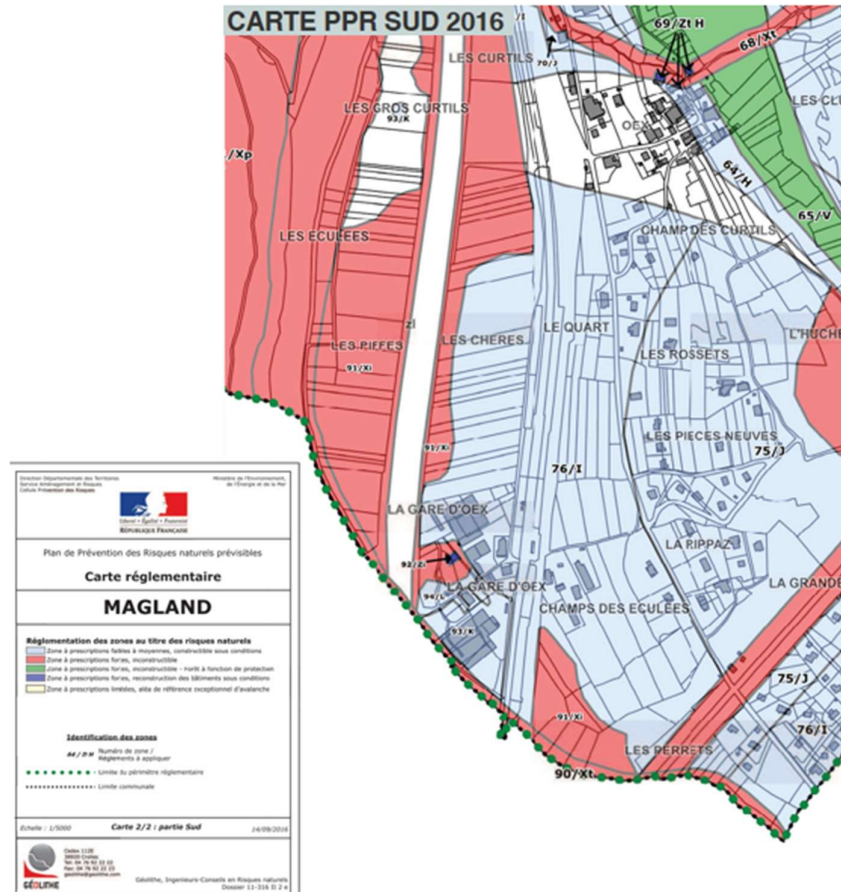


Figure 9 : Extrait du plan des Risque Inondation de 2016 (source Plan de prévention des risques - Commune touristique)

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) de Magland – zone sud, approuvé le 27 septembre 2016 par la préfecture de Haute-Savoie, encadre l'aménagement du territoire en prenant en compte les risques liés aux crues de l'Arve. La zone située en rive droite du cours d'eau, à proximité immédiate de l'usine Gradel-Baudin, est concernée par des aléas d'inondation significatifs, en lien avec les débordements potentiels de l'Arve lors de crues décennales à centennales. Le secteur étudié se trouve en partie classé en zone rouge (aléa fort), interdisant ou limitant fortement tout aménagement nouveau, et en zone bleue (aléa modéré), soumise à des prescriptions constructives renforcées (ex. : rehaussement, absence de remblais, transparence hydraulique). Ce zonage s'appuie sur une cartographie fine des aléas, tenant compte des débordements historiques et des écoulements latéraux dans la plaine alluviale. Toutes interventions sur les digues ou à proximité de celles-ci, notamment dans la bande de 30 m autour de la rive, doivent être compatibles avec les objectifs du PPRI, et faire l'objet d'une analyse technique démontrant l'absence d'aggravation du risque en aval et en amont.

Le PPRI impose donc que **toute intervention sur la digue ou dans sa bande de 30 m soit soumise à une analyse hydrogéotechnique** (étude de dangers + justification hydraulique), afin de s'assurer qu'elle **n'aggrave pas les risques**, en particulier en perturbant le débit, en obstruant les écoulements ou en modifiant la stabilité des berges.

2.4.3. Le foncier limitrophe au projet

Le projet impacte plusieurs parcelles foncières. La figure suivante présente un extrait du cadastre en ligne de Magland.

L'emprise de la digue interfère avec :

- Parcelles appartenant à la SNCF en amont ;
- Parcelles appartenant à l'ATMB en aval ;
- Parcelles privées usine Gradel-Baudin : n°2561, n°2564, 2569, 2572 ;
- Les parcelles n°94, n° 0495, 0496, 505 et 497 (à confirmer) ;



Figure 10 : Extrait du cadastre en ligne de Magland. (source : <https://france-cadastre.fr/cadastre/magland>)

En phase chantier, le projet risque d'interférer en complément avec :

- La parcelle privée de l'entreprise de BGTP : n°36 ;

- Les parcelles privées situées de part et d'autre de la route de la gare d'Oëx : n°2517, n°2770, n°2771, n°2775, n°2795, n°2796 et n°2784.

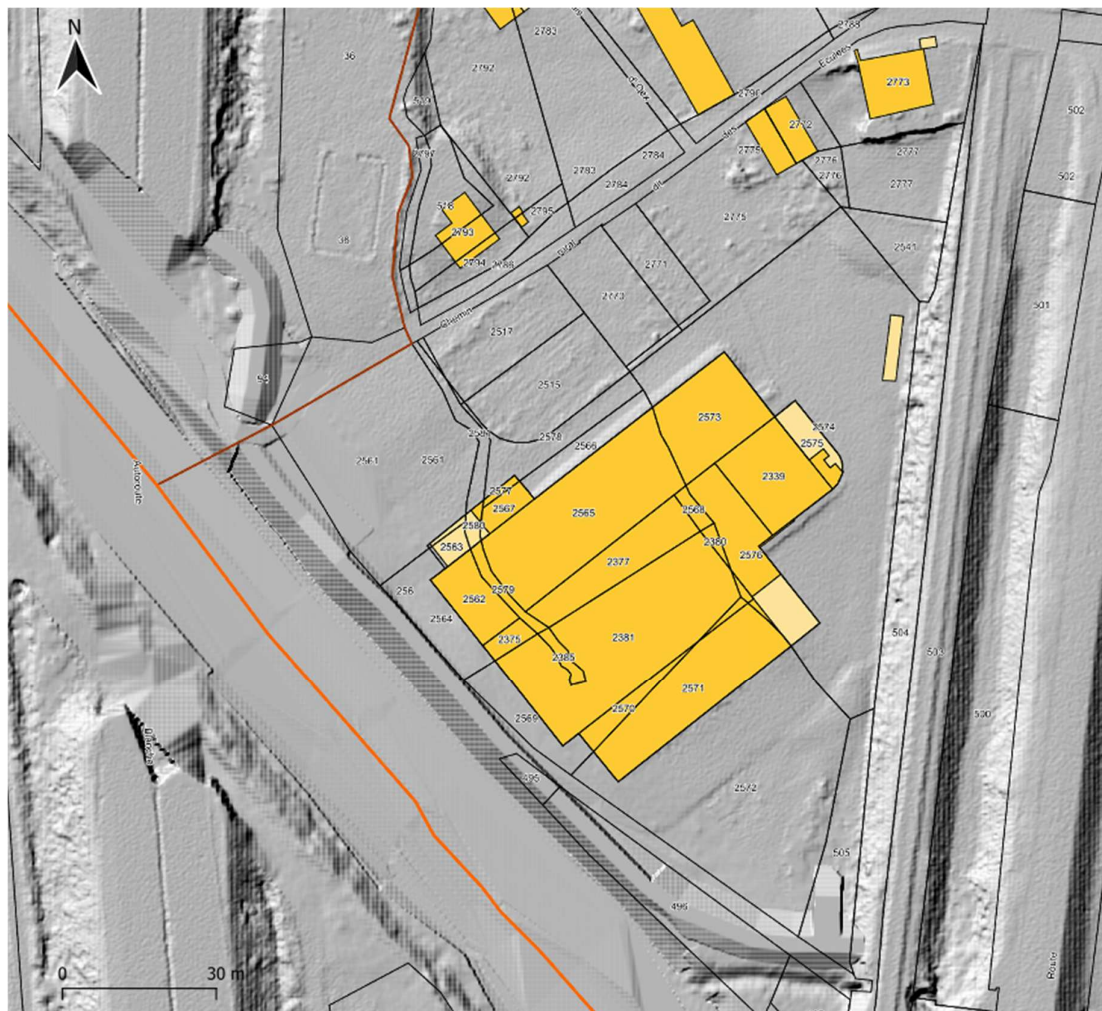


Figure 11 : Interface entre le projet de digue (Solution S2) et le plan cadastral

Le projet de digue impacte de façon définitive 11 parcelles dont 3 parcelles correspondant à des infrastructures communale/état (route de la gare d'Oëx, A40 et Voie SNCF) et 9 parcelles privées.

La réalisation du projet de confortement de digue va nécessiter des démarches foncières de tel sorte que le SM3A soit propriétaire foncier des terrains.

2.5. Contexte environnemental

Des inventaires naturalistes 4 saisons « habitats – faune – flore » ont été réalisés par le bureau ECO-SYSTEMIC. Il s'agissait de réaliser une prospection de terrain sur un cycle biologique complet avec une cartographie des enjeux. La coordination s'est faite avec HYDRETUDES pour l'intégration des enjeux dans l'AVP/PRO et la préparation des dossiers réglementaires (Loi sur l'Eau, incidences Natura 2000, EDD, et, si nécessaire, CNPN) lors de deux rencontres en juin et en septembre 2025.

Le périmètre des inventaires a été conduit en rive droite de l'Arve au lieu-dit « Oëx », sur une emprise élargie par rapport au strict linéaire de digue, afin d'englober les habitats de dispersion et les zones de report (cf. Figure 12).

Le tableau suivant présente les passages des écologues sur site.

Tableau 1 : Inventaire 4 saisons - calendrier

Période / Date	Contenu du passage
Automne 2024	Pré-diagnostic / premiers indices (notamment Castor d'Europe).
Printemps 2025	Passage « oiseaux / habitats / reptiles » – pas d'indice frais de castor ; affinement des enjeux pelouses sèches et ripisylve.
Juin 2025	Passage terrain multi-taxons (oiseaux nicheurs tardifs, invertébrés, flore).
Juillet-Août 2025	Passage été (herpétofaune, invertébrés, flore estivale).
Début septembre 2025	Passage de fin de saison + point sur site avec HYDRETUDES (10 septembre 2025).
Septembre-Octobre 2025	Bouclage et remise du rapport d'inventaires 4 saisons.

2.5.1. Résultats par groupe taxonomique – mesures associées

Le tableau suivant présente les résultats des inventaires et les premières orientations ERC ainsi que les mesures pouvant être proposées, réalisé sur la base du rapport du diagnostic écologique (Etat initial de la biodiversité) des inventaires d'Ecosystémic en date du 23/10/2025.

Tableau 2 : Résultats provisoires des inventaires 4 saisons

Groupe / Espèce	Constats (état initial)	Orientations ERC / Mesures associées
Mammifères – Castor d'Europe	Indices frais et récents à l'automne 2024 : 2 "frais" (<5 j) et 11 "récents" (5–20 j) ; au printemps 2025 : aucun indice frais/récent mais 1 empreinte ; aucun terrier-hutte observé ; fréquentation très ponctuelle (erratique) ; risque faible d'installation d'un terrier côté projet.	Avant travaux : contrôle de fraîcheur de trace et terrier par un écologue ; si indice récent en période chantier, adaptation locale des accès et mesures spécifiques
Chiroptères – chauves-souris	12 espèces recensées sur le site, dont des taxons à enjeu (ex. barbastelle d'Europe – Annexe II ; molosse de Cestoni) ; absence d'arbres-gîtes identifiés sur le secteur lors des recherches diurnes ; corridor de transit nocturne longitudinal ; ripisylve en rive	Pas d'enjeu de gîte ; maintenir la transparence écologique du corridor nocturne ; limiter l'éclairage et éviter les travaux de nuit au droit du cordon rivulaire.

	gauche jouant de zone de report/ressource.	
Oiseaux – Serin cini (mâles chanteurs)	Nicheur probable : 1 mâle chanteur les 25/04 et 29/05 dans les ripisylves de rive gauche, puis 2 individus observés le 23/06/2025 ; boisement ponctuel méso-phile (non alluvial) à proximité	Gestion de la végétation hors période de nidification : débroussaillage/abattage après mi-août (cible automne) ; limiter le déboisement.
Amphibiens	Aucun biotope favorable et aucune espèce d'amphibien recensée dans l'aire d'étude.	Aucune mesure spécifique, maintien des bonnes pratiques de chantier (gestion de pompages et assèchements).
Reptiles – Vipère aspic & Lézard des murailles	Vipère aspic : habitat d'espèce typique (pelouse rase en lisière de boisement) ; reproduction très probable. Lézard des murailles présent mais sans enjeu réglementaire particulier. Lézard des murailles : reproduction certaine.	Demande de dérogation espèces protégées si l'évitement n'est pas possible (arrêté 08/01/2021) ; avant travaux, capture-déplacement encadré par un écologue en fenêtre favorable ; après travaux, création/restitution de pelouses sèches en rive droite.
Invertébrés – Gros coléoptaire, Nebria picicornis (carabidé)	3 espèces à enjeu identifiées sur dépôts minéraux exondés (bancs de galets (3-4 m du bord d'eau)) : Nebria picicornis (37 ind.), Bembidion fasciolatum (2 ind.), Macrosaldula variabilis (3 ind.) ; espèce à enjeu mais non protégée. Première donnée sur l'Arve ; recolonisation probable.	Limiter l'emprise chantier sur la frange active des galets ; si demande de la DREAL, prévoir un suivi post-travaux par transects.
Poissons – Truite fario	Présence potentielle ; présence et position des frayères à confirmer.	Ne nécessite pas de dossier CNPN mais mesures en phase chantier ; réalisation d'une pêche de sauvetage, limiter les travaux en dehors des zones de frayère éviter les envasements ; si nécessaire, reconstitution des conditions de fraie ; coordination avec le diagnostic piscicole (Gay Environnement). La réalisation des travaux dans les périodes de reproduction nécessitera une demande de dérogation.
Flore – Sélaginelle (Selaginella helvetica)	Espèce protégée à l'échelle régionale ; enjeu conservatoire local "Fort" ; petites stations très localisées (<50 m de linéaire) au pied du talus de la digue existante,	Demande de dérogation espèces protégées à préparer pour la Sélaginelle ; possible translocation de mottes/souches ; vigilance vis-à-vis

	tondu ras (côté usine), sur pelouses sèches ;	des plantes exotiques envahissantes lors des mouvements de matériaux.
Flore – Renouée du Japon	Présence de foyers cartographiés dans l'aire d'étude ; rhizomes très profonds à forte capacité de régénération.	Gestion à définir : décaissement des terrains sur 2–3 m et enfouissement sous sabot de protection de berge ou en fosses dédiées dans l'Arve ; pas de remise des terres sur digues mais en zone de stockage ; circonscrire l'intervention à l'emprise des travaux, prolongé jusqu'au pont de l'ATMB

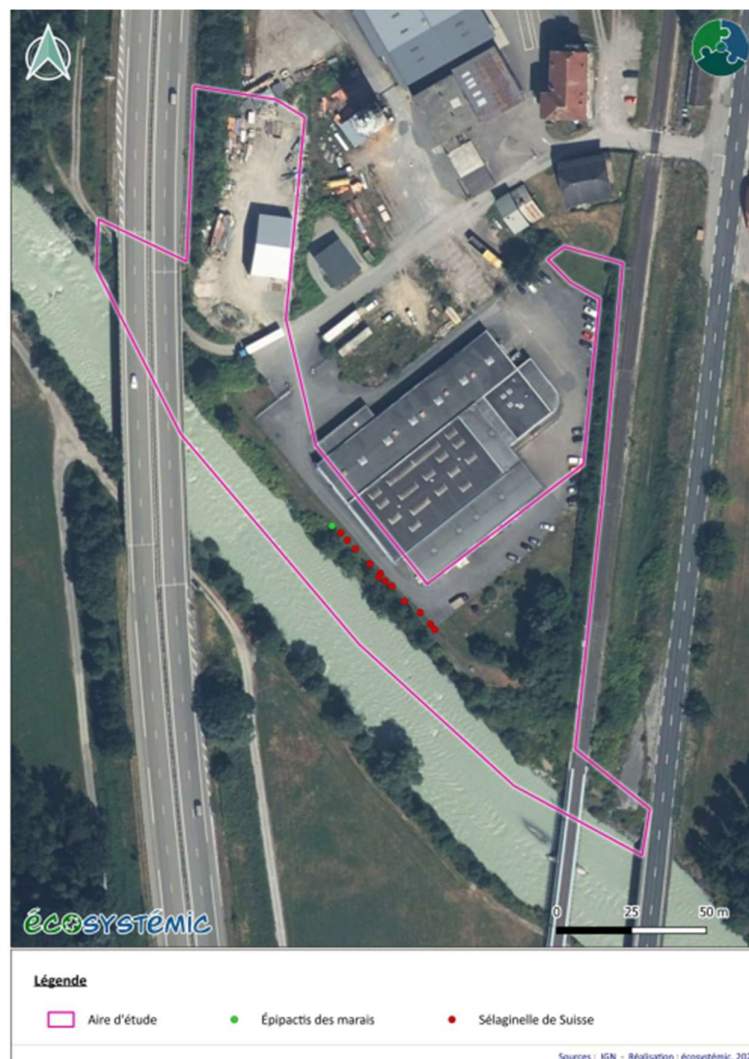


Figure 12 : Périmètre de l'aire d'étude et cartographie des espèces floristiques à enjeu de conservation (source : Ecosystémic)

2.5.2. Gestion des boisements et de la ripisylve

La digue actuelle comprend une ripisylve assez développée et elle est bordée par un petit boisement ponctuel. Celui-ci est mésophile (non alluvial) et au vu des premières analyses, il ne sera probablement non soumis à autorisation de défrichement, sous réserve du bilan des premiers échanges avec la DREAL lors de la procédure Cas par Cas.

En lien avec les enjeux sur la faune, il sera retenu les principes suivants :

- Les interventions de débroussaillage/déboisement seront calées après la mi-août ;
- La ripisylve de rive gauche est identifiée comme zone de report (corridor chiroptères, oiseaux et reptiles).

2.5.3. Implications réglementaires et actions à programmer

Le tableau suivant présente en fonction des phases du chantier les actions à programmer.

Tableau 3 : Actions clés - calendrier

Phase	Actions clés (à confirmer par la DREAL)
Avant travaux	• Vérification de fraîcheur des indices Castor ; • Dossier CNPN –probablement pour la Sélaginelle ; • Plan de gestion Renouée (décaissement/enfouissement) ;
Pendant travaux	• Écologue présent lors des phases sensibles (démantèlement de digue / déplacement vipères) ; • Mesures anti-turbidité et maintien des continuités terrestres ; • Pilotage des déboisements en période autorisée ; • Contrôle des terres potentiellement contaminées par Renouée.
Après travaux	• Suivi de recolonisation (Nebria, reptiles, pelouses sèches) ; • Vérification post-chantier des conditions de fraie ; • Entretien raisonné des repousses et contrôle des invasives.

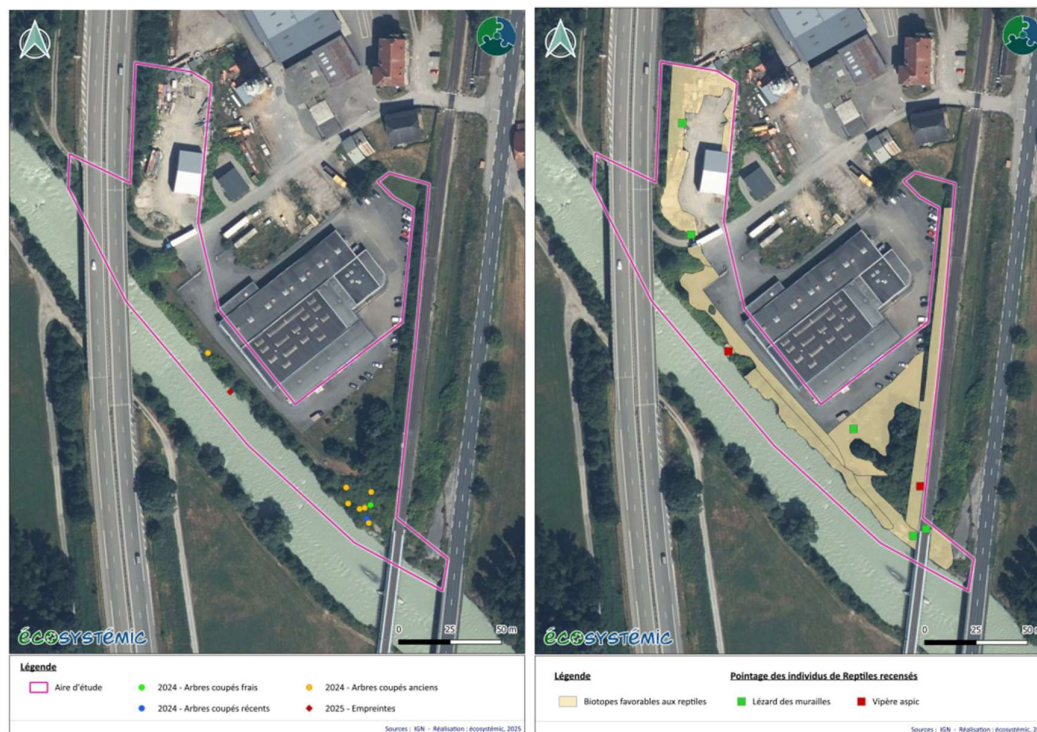


Figure 13 : Localisation des indices castors et présence des reptiles (source : Ecosystème)

2.6. Diagnostic de l'état actuel

La digue dite de Gradel Baudin est située en rive droite de l'Arve, elle protège la zone UX (PLU), d'activité économique à vocation industrielle, artisanale et commerciale et particulièrement l'usine Gradel Baudin.

La digue s'étend du remblai de l'A40 jusqu'au remblai de la voie SNCF (190 ml). Elle présente une hauteur par rapport au terrain naturel du côté de l'usine comprise entre 1,0 m à 1,7m. Son état général côté terre semble plutôt bon. Cependant, son parement coté rivière est quasi vertical et comporte une protection en enrochements libres non intégrale, non calibrée, en mauvais état avec absence d'un pied de digue. La digue, qui longe l'Arve, se prolonge et s'abaisse au niveau du pont de l'A40 (Cf. Figure 4) et s'interrompt au niveau du pont SNCF. Dans le cadre du confortement de la digue d'Oëx, une reprise complète de celle-ci semble nécessaire, particulièrement vis-à-vis du projet de son rehaussement vis-à-vis des crues centennales.

Les photographies ci-après (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) illustrent le pied de digue actuel.



Figure 14 : Photographies du site - vue sur la digue existante le long de la zone d'étude

2.7. Conditions d'écoulement

2.7.1. Hydrologie

L'étude hydrologique est présentée en détail dans l'annexe n°1 « Note sur la modélisation hydraulique ».

Après échanges avec le MOA, il a été retenu de choisir les valeurs extrapolées de l'étude EDF 2021, dont les résultats sont synthétisés ci-après. La réévaluation de l'hydrologie prise en compte pour le dimensionnement entraîne globalement une hausse des valeurs des crues fréquentes.

Valeurs de débits utilisées pour le dimensionnement de la digue (m³/s)							
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q300
144	252	328	433	477	553	639	686

Tableau 4 : Débits retenus pour ce dimensionnement du confortement de digue d'Oëx

2.7.2. Analyse hydraulique

Le secteur commence à être inondé pour la crue décennale (avec le fond haut de référence).

Le débordement débute par l'aval, il contourne la digue par le merlon plus bas situé sous l'A40. Le niveau de la crête de la digue se situe 25 à 75cm sous le niveau de crue centennale.

Il est donc nécessaire de surélever la digue et de la fermer sur l'aval, pour atteindre un niveau de protection centennale.

Les figures suivantes présentent pour les crues décennale et centennale, les zones de débordements et les hauteurs d'eau.

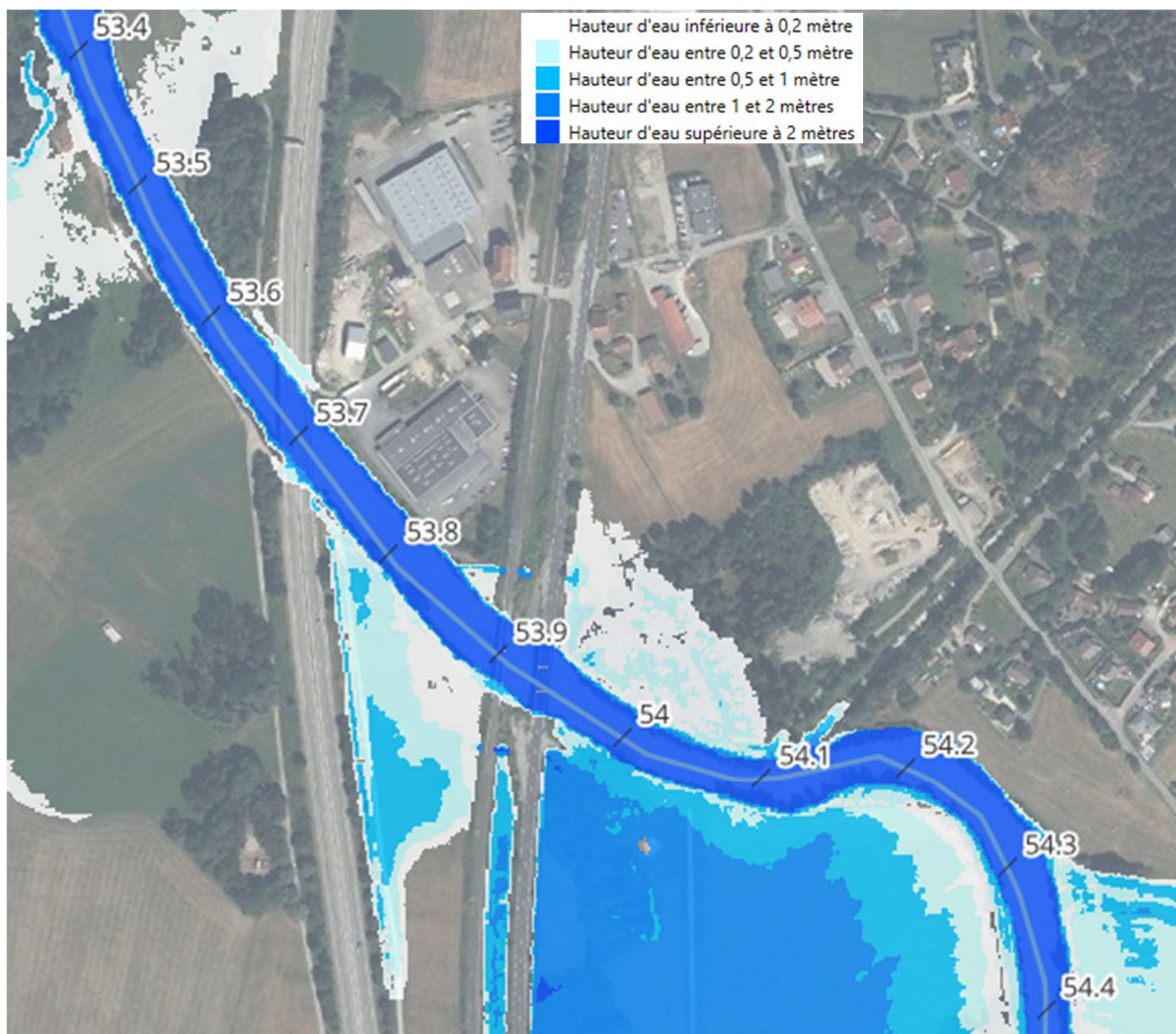


Figure 15 : Etat actuel - Hauteur d'eau – Q10

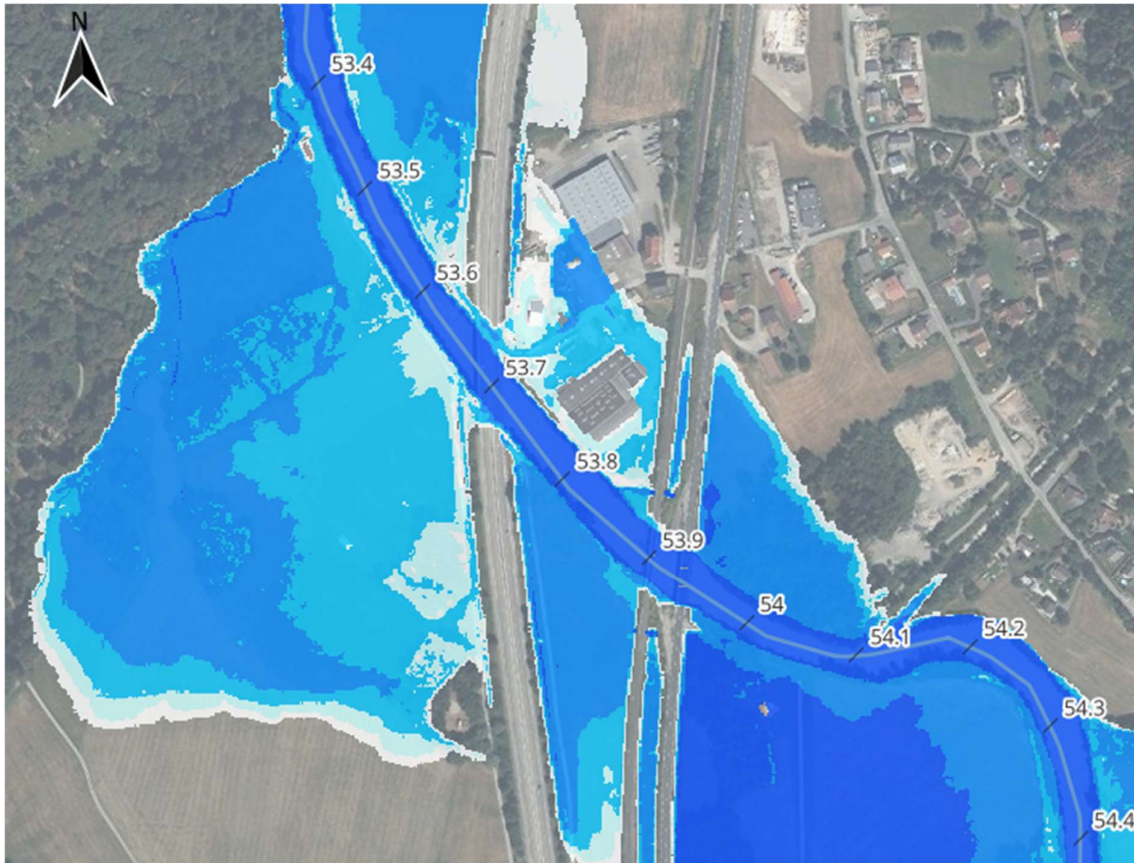


Figure 16 : Etat actuel - Hauteur d'eau – Q100

2.7.3. Présence de bancs dans le lit mineur

Il est pris en compte dans la conception du projet, l'hypothèse du terrassement des bancs de galets situés au niveau du linéaire de digue en travaux afin de dériver les eaux de l'Arve en rive gauche sur le périmètre d'intervention.

La gestion de ces matériaux et leur utilisation pour constituer le batardeau ainsi que les accès nécessaires seront détaillés en phase PRO.

2.7.4. Gestion des eaux pluviales

Il est constaté une stagnation des eaux de ruissellement sur la voirie agricole longeant la digue, en aval du pont de l'A40, ainsi qu'une absence de réseau pluvial structuré le long de la rue de la Gare d'Oëx. En effet, les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales existants ne sont pas répertoriés, comme en témoigne l'absence de retour d'informations dans les Déclarations de Travaux (DT).

Une partie des eaux pluviales du secteur semble s'écouler vers le nord, le long du remblai de l'autoroute, tandis qu'une autre partie tend à s'accumuler dans la dépression située sous le pont de l'A40, générant des zones de stagnation.

Au droit de l'usine Gradel Baudin, les eaux pluviales sont actuellement captées par des regards à grille implantés sur le parking de l'établissement. Ces eaux semblent dirigées vers un ouvrage localisé perpendiculairement à la digue actuelle avec un rejet dans le lit de l'Arve.

3. Analyse des solutions techniques

La digue actuelle suit les berges de l'Arve avec une continuité partielle sous les ponts SNCF et de l'A40.

Le projet de réhabilitation de la digue d'Oëx, objet de l'étude, a pour objectif d'assurer la continuité de la protection contre les inondations pour la crue centennale, de la voie ferrée SNCF jusqu'à l'autoroute A40. Il est décomposé en 4 tronçons homogènes de l'amont à l'aval :

- TA : Prolongation de la digue de protection sur le talus de la voie ferroviaire SNCF ;
- TB : Digue de protection le long de l'usine Gradel Baudin ;
- TC : Déversoir de sécurité ;
- TD : Prolongation de la digue de protection sur le talus de l'A40.

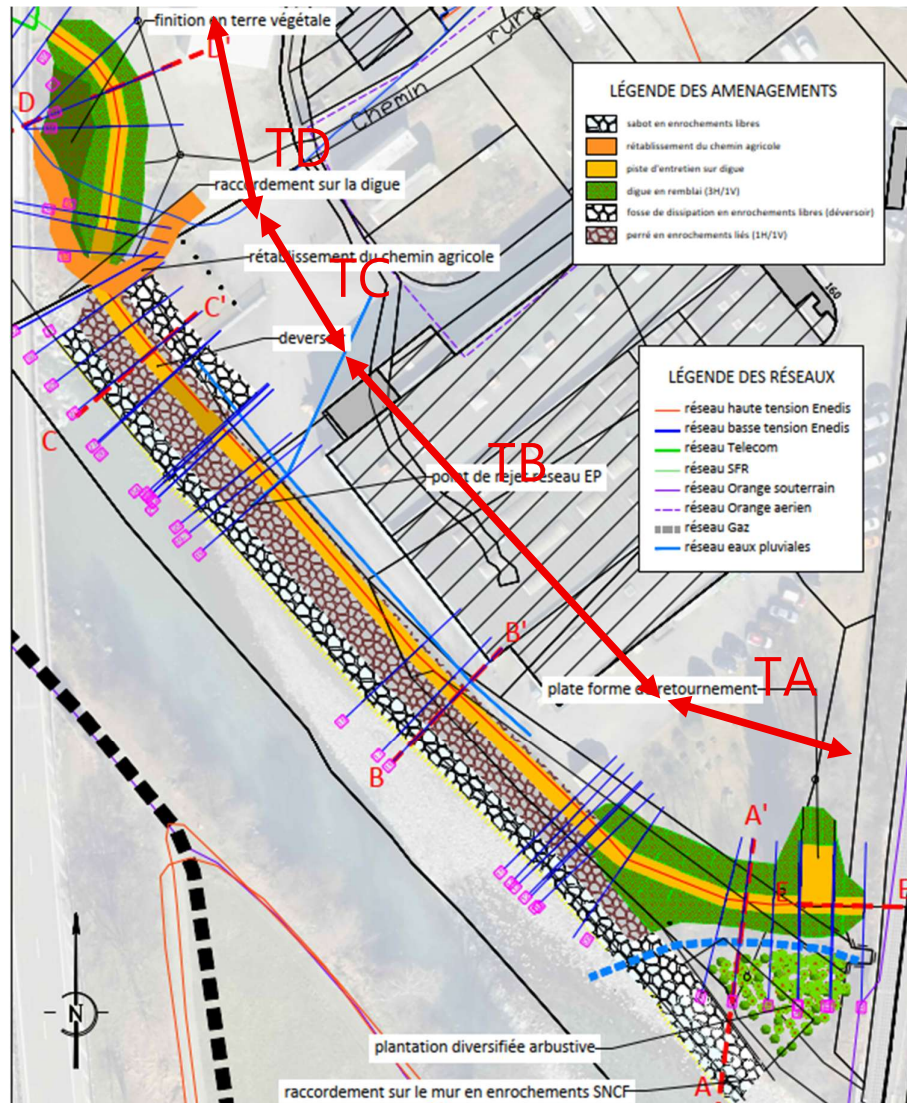


Figure 17 : Plan sur la décomposition du secteur d'étude en quatre tronçons homogènes

3.1. Analyse de la solution de confortement proposée par Artélia

La solution retenue par Artélia permet de répondre à l'objectif du projet qui est de conforter, rehausser et prolonger la digue existante afin de protéger les secteurs vulnérables contre les crues de l'Arve de période de retour 100 ans sur le secteur d'Oëx.

Elle comprend :

- La reconstruction et la réhausse de la digue existante (entre + 1.2 et +1.5 m).
- La création d'un tronçon de digue de fermeture en aval sur le talus de l'A40 (+2.5 m/TN) – sur environ 30m ;

Le choix sur les secteurs fortement contraint par les emprises a été de créer de rehausser la digue au moyen de palplanches (hauteur visible : 1,8 m) jusqu'à la crue Q100+0.5m, avec une berge conservée côté Arve (mise en œuvre d'un rideau en palplanche de type GU12N (S240) de 8 m de longueur) en limite de la digue existante.

Sur les secteurs non contraints par les emprises, la digue est composée d'un perré en enrochements libres jusqu'à la crue décennale, puis un talus en terre jusqu'à la crue Q100+0.8m ; la digue existante sera déconstruite puisqu'il est impossible de rehausser la digue existante (+ 90 cm) et justifier de sa stabilité

L'axe d'implantation de la digue est justifié par les contraintes existantes aussi bien SNCF (présence de l'aqueduc) que de l'A40 (raccordement sur le talus autoroutier).

Le choix d'un sabot en pied et d'une carapace en enrochements libres à la base des digues en remblai jusqu'à Q10 est cohérent avec les vitesses et la force tractrice en jeux. La finition du parement par des techniques végétales permet une bonne intégration de la digue. La vitesse étant retenue autour de 3m/s, l'enherbement seul est effectivement limite.

Il est proposé les ajustements suivants :

- Optimiser le déversoir : modifier le positionnement du déversoir de sécurité ; le rapprocher de l'accès agricole, voir s'il est possible d'intégrer l'accès au déversoir afin de l'éloigner de la façade nord de l'usine et de limiter la hauteur de la rampe ; optimiser son profil en long afin de limiter les pentes à moins de 12% ;
- Proposer une solution alternative aux palplanches sur le secteur le long du bâtiment de l'usine, fortement contraint par les emprises ;
- Voir à décaler la limite entre la protection en enrochements et le parement en technique végétale en fonction de la force tractrice en jeux lors des crues de projet.

Bien que la solution en palplanches soit particulièrement adaptée en cas de faible emprise et présente un intérêt notable pour optimiser la durée du chantier, elle apparaît difficilement compatible avec certaines contraintes spécifiques du projet.

En effet, la proximité immédiate de l'usine Gradel Baudin – à moins de 10 mètres de la zone d'implantation – et l'usage d'équipements de précision sensibles aux vibrations rendent l'utilisation de techniques de mise en œuvre des palplanches telles que le vibrofonçage, voire le battage, difficilement envisageable. Le fonctionnement en continu de l'usine ne permet pas d'intervenir en

dehors des heures de production. Les techniques de travaux retenues devront ainsi permettre de conserver un fonctionnement satisfaisant de l'usine durant toute la période des travaux.

Ceci exclut tous travaux susceptibles de générer des nuisances mécaniques ou acoustiques importantes, sans quoi la production serait fortement impactée.

Il est proposé :

- De conserver globalement le principe proposé par Artélia dans les secteurs non contraints par les emprises, avec quelques ajustements tel que le niveau de la digue suive le profil en long de la ligne d'eau à Q100 en prenant en compte une hauteur de revanche de hauteur continue ;
- D'optimiser l'implantation et les dimensions du déversoir ;
- D'analyser la possibilité de l'intégration du rétablissement du chemin agricole au projet de déversoir ;
- D'analyser des solutions alternatives dans le secteur contraint par les emprises (Tronçon TB).

3.2. Solution technique proposée sur les secteurs non contraints par les emprises - TA et TD

En amont de la zone de projet (côté ligne ferroviaire SNCF) et en aval de la zone de projet (côté autoroute A 40 de l'ATMB), les contraintes respectives de chaque secteur (rétablissement hydraulique de l'aqueduc SNCF en amont et accès d'entretien depuis l'A40 au tablier du pont) impose l'éloignement du projet de protection de digue, des berges et de la digue actuelle de l'Arve (Cf. chapitre 2.3).

Sur ces deux secteurs, les contraintes d'emprise sont moindres, ce qui permet de réaliser une digue de protection en remblai avec des pentes techniques de 2(H)/1(V). Les résultats du modèle hydraulique à l'état projet indiquent que sur ces deux secteurs le niveau d'eau pour la crue Q5 ne remonte pas jusqu'à la nouvelle digue et qu'uniquement en aval (secteur TD) les niveaux décennaux peuvent ponctuellement toucher le pied de digue. En conséquence, il n'est pas nécessaire de prévoir côté Arve, une protection du talus de digue au moyen de technique végétale de type plants et plançon. Un parement enherbé est retenu tel que montre les profils en travers des figures suivantes.

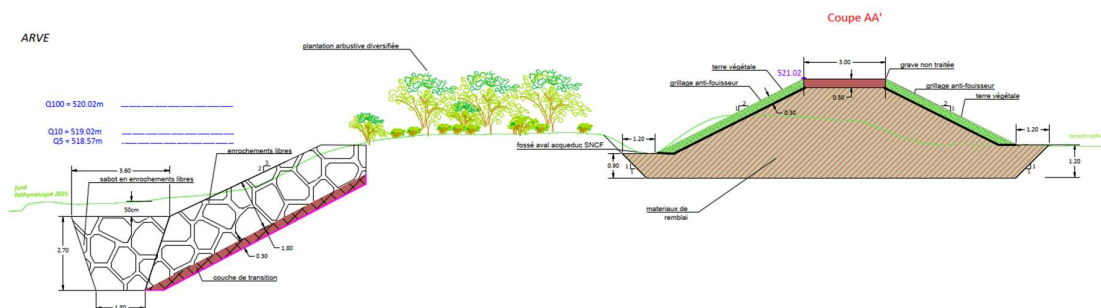


Figure 18 : Solution n°1, 2 et 3 -Secteur amont - SNCF - Profil en travers A-A'

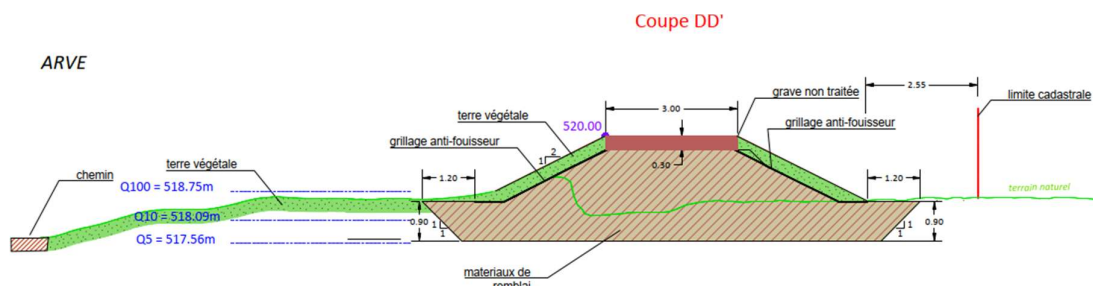


Figure 19 : Solution n°1, 2 et 3 –Secteur aval- A40 de l'ATMB - Profil en travers D-D'

3.3. Analyse des solutions alternatives aux palplanches sur le secteur situé le long de l'usine Gradel Baudin

Sur une majorité du linéaire de la zone de projet, les contraintes d'emprise imposent la mise en place de la nouvelle protection de digue sur l'emprise de la digue actuelle de l'Arve, en prenant en compte des emprises très réduites. Ce tronçon intègre un linéaire de digue le long de l'usine Gradel Baudin ainsi que le déversoir de sécurité.

Les solutions alternatives à la solution palplanche (**solution n°1**) analysées sont les suivantes :

- **Solution n°2** : Digue en enrochements bétonnés : la vitesse d'écoulement ne dépasse pas les 5 m/s à Q100, le parement en enrochements liés résiste aux vitesses d'écoulement de l'Arve en crue ;
- **Solution n°3** : Digue en enrochements libres rehaussé avec un mur en L en béton armé.

3.3.1. Solution n°1 : Palplanches aciers

Il s'agit de la solution retenue par Artélia dans l'AVP de 2020. Elle est présentée au chapitre 3.1.

La figure suivante présente la vue en plan de la solution n°1.

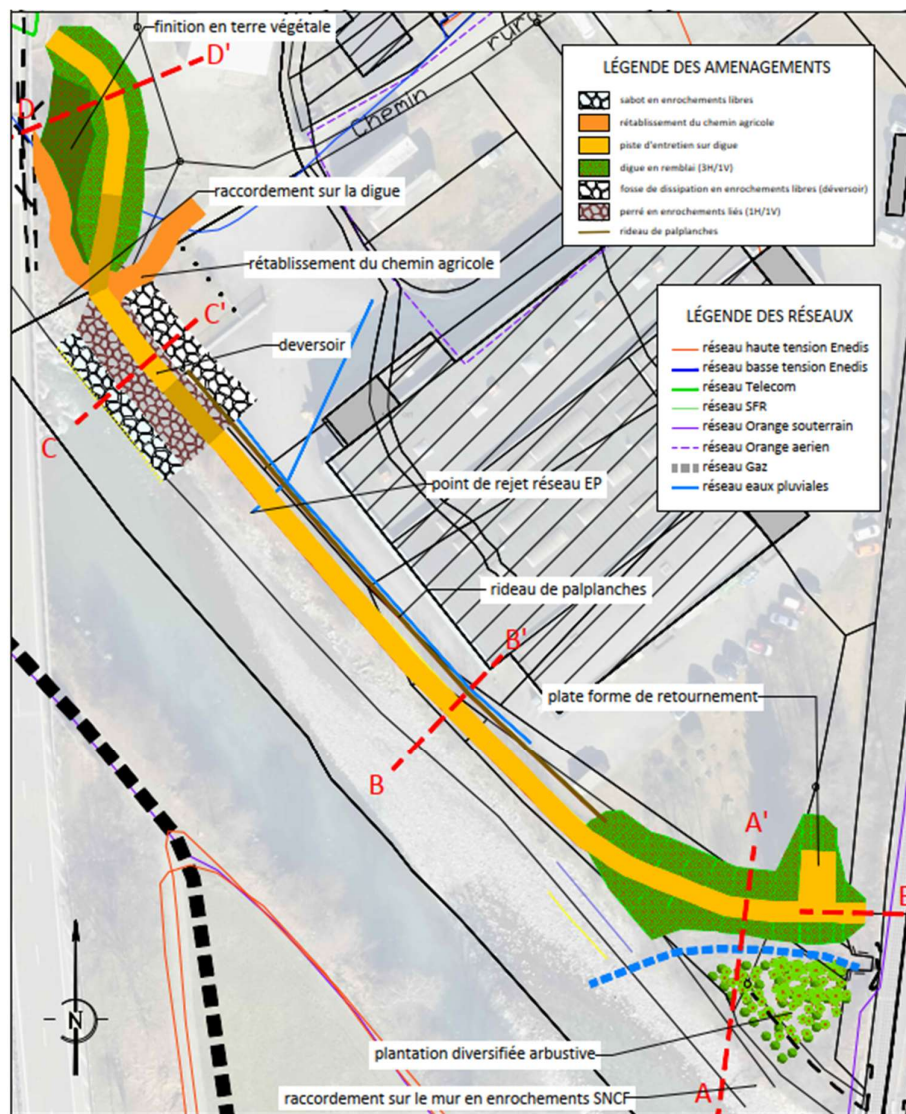


Figure 20 : Solution n°1 – Vue en plan de la digue en palplanches

La figure suivante présente le profil en travers type de la solution n°1 le long de l'usine, au niveau du tronçon TB.

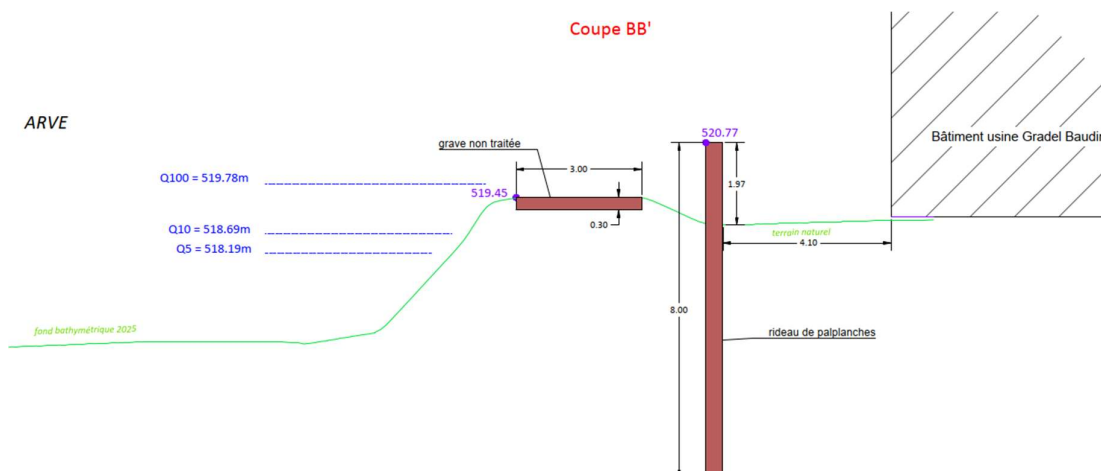


Figure 21 : Solution n°1 – Profil en travers B-B' de la digue en palplanches

La coupe B-B' présentée ci-avant est positionnée sur le secteur le plus contraint en termes d'emprise. Une largeur minimum de 4.10m est conservée pour la voirie située entre l'usine et le pied de digue côté terre.

3.3.2. Solution n°2 : Digue en enrochements liés béton

Dans cette solution, la berge côté Arve sera intégralement reprise sur le linéaire de la digue qui longe l'usine jusqu'au déversoir, avec une protection en enrochements liés. Elle est rehaussée afin d'atteindre un niveau de protection centennale. Le déversoir sera sollicité en cas de crue supérieure à la crue centennale.

Il a été analysé la faisabilité du rehaussement de la digue existante avec la mise en place de la protection en enrochements liés en lien avec les emprises disponibles.

La figure suivante présente la vue en plan de la solution n°2.

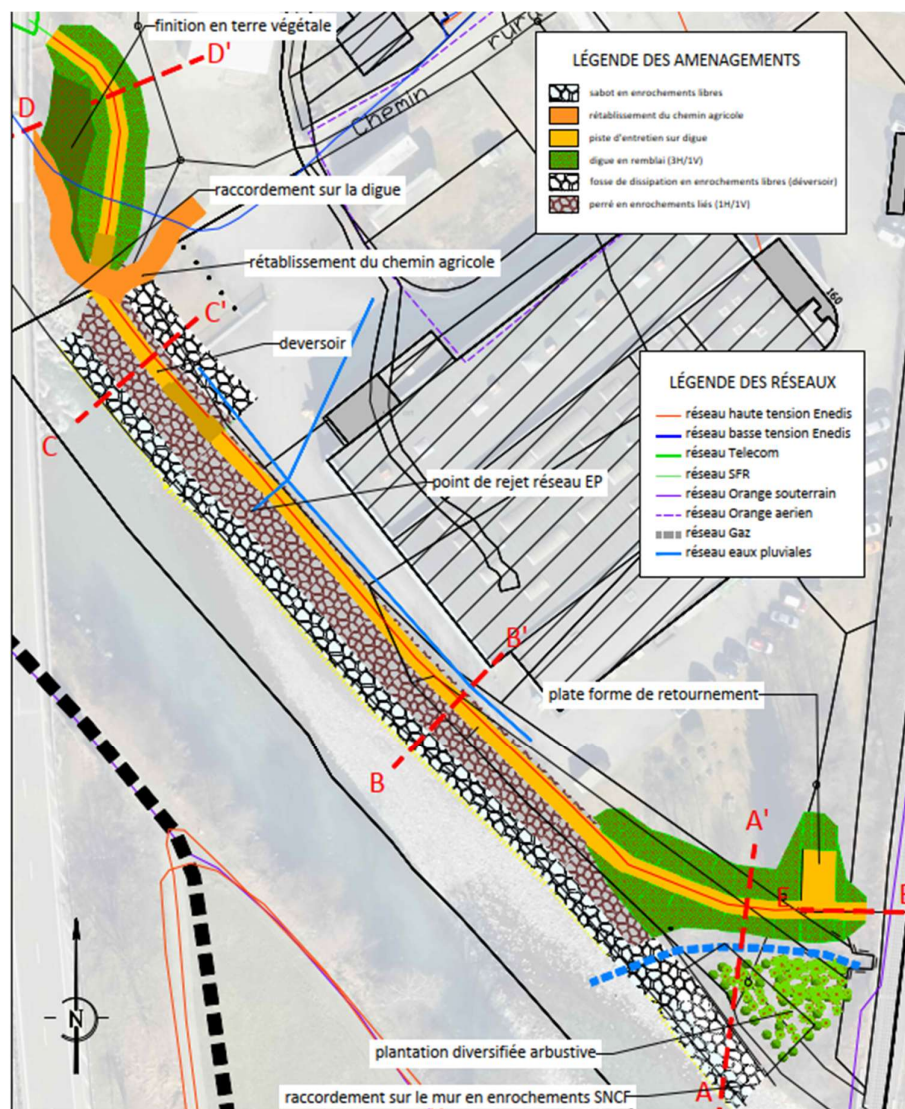


Figure 22 : Solution n°2 – Vue en plan de la digue en enrochements liés

La figure suivante présente le profil en travers type de la solution n°2 le long de l'usine, au niveau du tronçon TB.

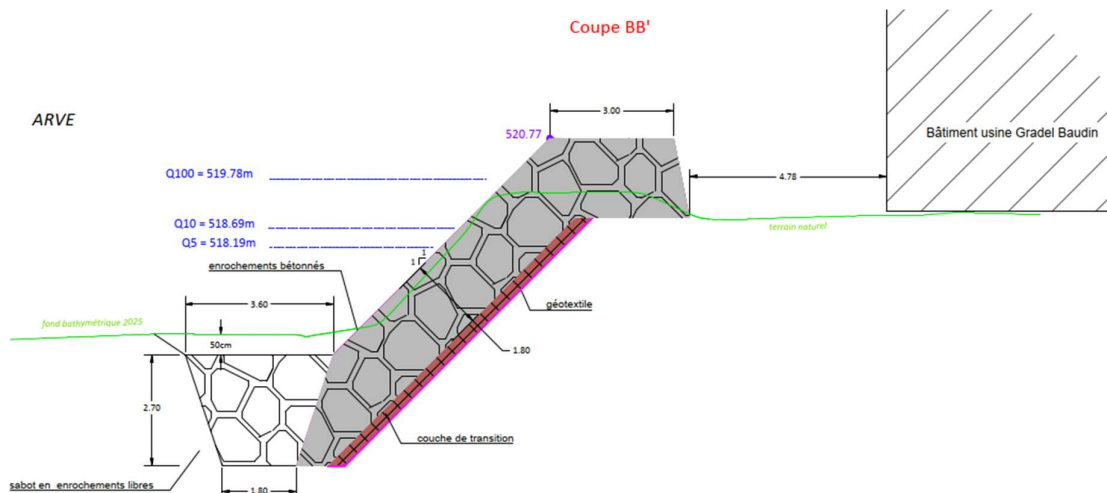


Figure 23 : Solution n°2 – Profil en travers B-B' de la digue en enrochements liés

La coupe B-B' présentée ci-avant est positionnée sur le secteur le plus contraint en termes d'emprise. Une largeur minimum de 4.1m est conservée pour la voirie située entre l'usine et le pied de digue côté terre.

La solution n°2 respecte les hypothèses suivantes :

- Du côté de l'Arve, le pied de digue est positionné au niveau du pied de digue/berge actuel ;
- Conservation de la largeur circulaire entre l'usine et le pied de digue ;
- La largeur de la digue en crête est conservée à 3m. Sa structure permet d'assurer la continuité de l'accès d'entretien longitudinal à la digue ;
- La pente du talus en enrochements liés est de 1(H)/1(V).

La solution n°2 permet de conserver la largeur circulaire autour de l'usine (largeur minimum de 4.9m) en retenant une pente de 1(H)/5(V) pour le mur en enrochement lié côté usine. A noter que la pente de la digue actuelle sur ce secteur est légèrement plus raide que la pente retenue dans la solution n°2 à 1(H)/1(V).

La figure suivante présente le profil en travers C-C' de la solution n°2 au niveau du déversoir (profil type du tronçon C).

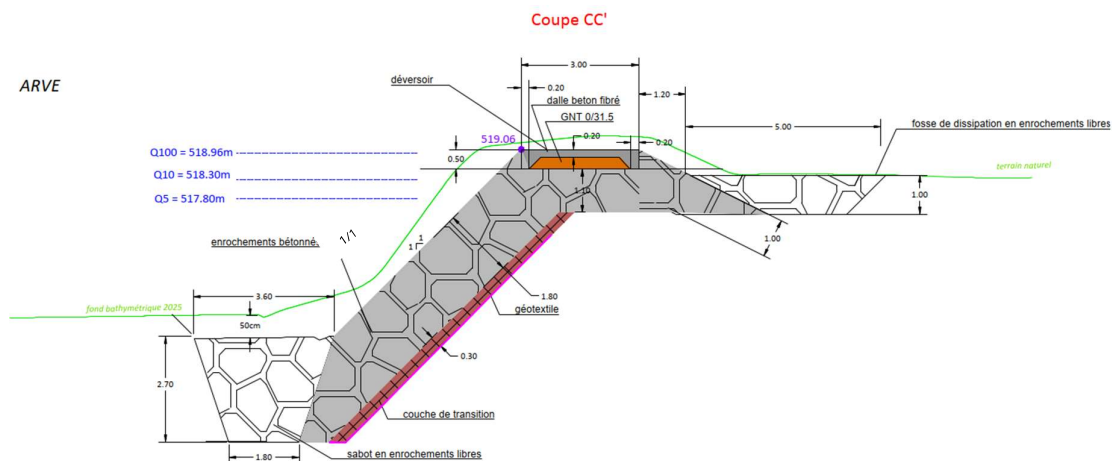


Figure 24 : Solution n°2 – Profil en travers C-C' du déversoir de la digue en enrochements percolés

La mise en œuvre de l'aménagement comprend les étapes suivantes :

- Les enrochements existants sont, soit conservés en état, soit démantelés jusqu'à une côte définie par les études géotechniques, en fonction des risques d'érosion interne ;
- Une protection en enrochements percolés (gamme 400-2100 kgs) est mise en place selon une pente 1(H)/1(V), avec un sabot (une butée de pied) côté de l'Arve et avec une pente 1(H)/5(V) côté usine ;
- Le profil en travers de la digue est conservé le long du déversoir (pente 1(H)/1(V)), avec une continuité de la digue en enrochements percolée côté usine qui au niveau du terrain naturel en pied de digue, se raccorde sur une fosse de dissipation d'énergie.

3.3.3. Solution n°3 : Digue en enrochements libres rehaussée avec un mur en L en béton armé

Dans cette solution la berge côté Arve sera intégralement reprise sur le linéaire de la digue qui longe l'usine jusqu'au début du déversoir, avec une protection en enrochements libres jusqu'à la crue Q5, prolongée jusqu'au niveau Q100 par une protection en génie végétal (Lits de plants et plançons). Côté usine, un mur en L en béton armée étanche, calée à la crue centennale + hauteur de revanche (1m) finalise la protection.

La digue existante à rehausser repose sur des matériaux très perméables, et la berge/ digue actuelle est très raide (1/1 à 1/3) et potentiellement instable. Les risques d'érosion interne et d'instabilités du talus côté Arve sont ainsi importants. Les enrochements actuellement en place présentent de nombreux désordres et une pente favorisant le glissement.

La mise en place d'un mur en béton armé étanche permet d'assurer la fonction d'étanchéité et de soutènement mais la conservation de la digue existante nécessiterait un travail profond sur les fondations du mur. Il est ainsi préconisé de démanteler les enrochements existants afin de reconstruire une digue en enrochements libres de pente à 3(H) / 2 (V) et mettre en place un mur en béton armé étanche côté usine.

Il a été analysé la faisabilité de la mise en place de la solution n°3. La figure suivante présente la vue en plan de celle-ci.

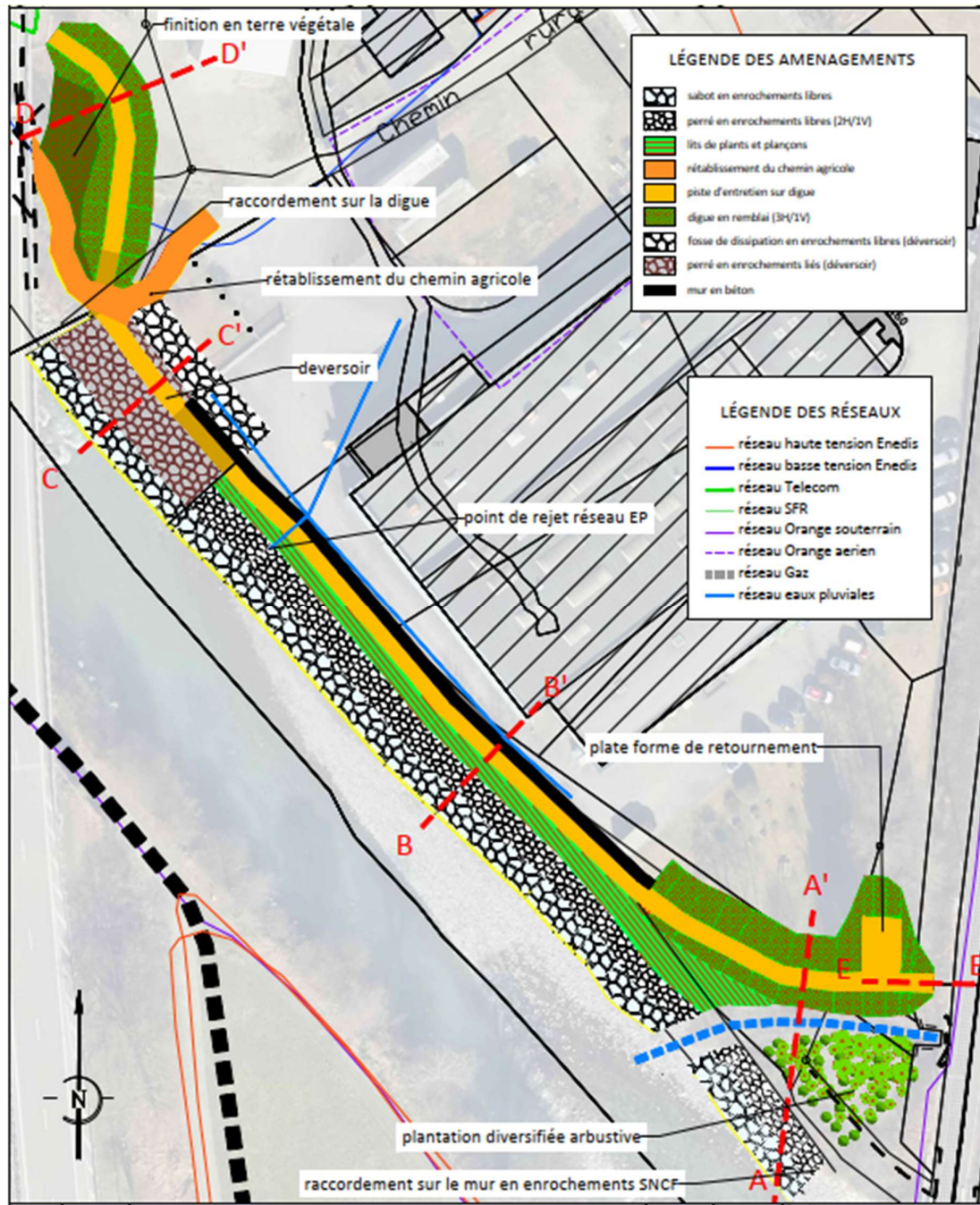


Figure 25 : Solution n°3 – Vue en plan de la digue en enrochements libre et du mur en béton

La figure suivante présente un profil en travers avec l'implantation de la solution 3 au niveau le secteur contraint du projet (tronçon B). Il est constaté qu'en terme d'emprise, la solution n°3 est réalisable en prenant en compte un talus en enrochements libres de pente 3(H)/2 (V). Ce qui permet de conserver la largeur disponible pour la circulation.

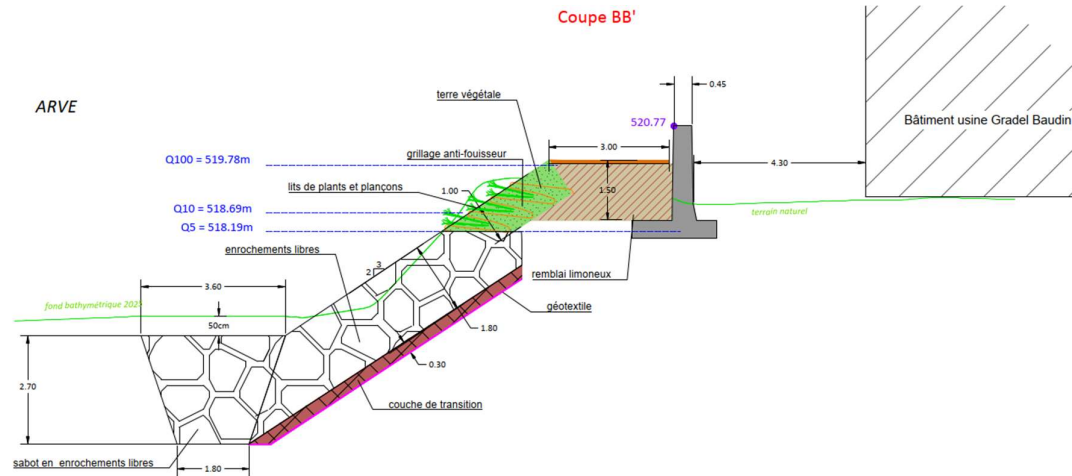


Figure 26 : Solution n°3 – Profil en travers B-B' de la digue en enrochements libres avec mur en béton

La solution n°3 respecte les hypothèses suivantes :

- Du côté de l'Arve, le pied de digue est positionné au niveau du pied de digue actuel ;
- Conservation de la largeur circulaire entre l'usine et le pied de digue ;
- La digue en crête est calée à Q10 et elle reste similaire à l'existant à l'exception du secteur du déversoir (tronçon C);
- Une largeur de 3m est mise en place en crête de digue afin d'assurer la continuité de l'accès d'entretien ;
- La pente du talus en enrochements libres est de $3(H)/2(V)$;
- Mise en place de lits de plants et plançon sur la partie supérieure de la protection de berge (plantés dans 1m d'épaisseur de terre végétale).

La coupe B-B' présentée ci-avant est positionnée sur le secteur le plus contraint en termes d'emprise. Une largeur minimum de 4.3m est respecté pour la voirie autour de l'usine. La solution n°3 permet de conserver la largeur circulaire autour de l'usine avec la mise en place d'un mur en béton armé vertical côté usine.

Il sera défini au PRO, les caractéristiques du mur en béton, la profondeur / épaisseur des fondations sur la base d'une étude de stabilité.

La figure suivante présente le profil en travers type de la solution n°3 au niveau du déversoir (tronçon C).

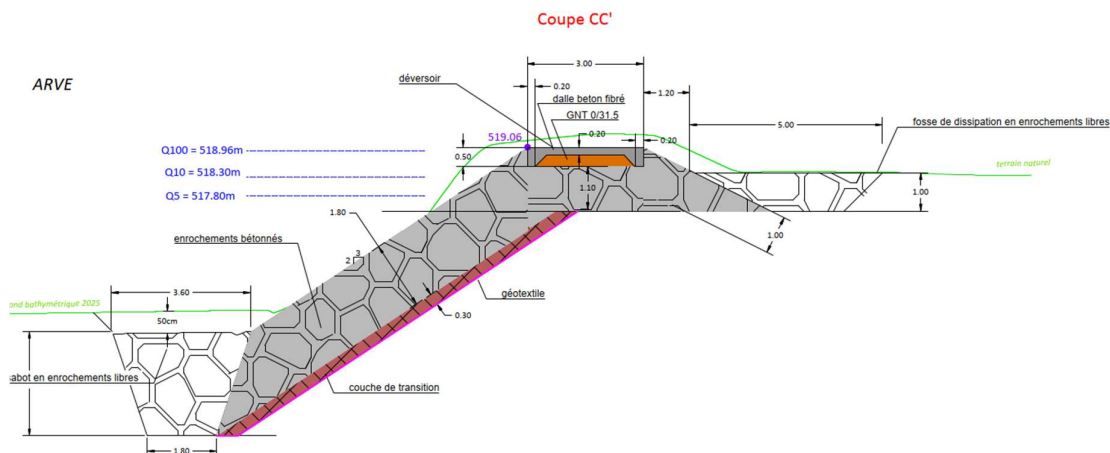


Figure 27 : Solution n°3 – Profil en travers C-C' du déversoir de la digue en enrochements percolés

La mise en œuvre de l'aménagement comprend les étapes suivantes :

- Les enrochements existants sont démantelés au minimum jusqu'au niveau de fondation du mur en béton (la côte sera définie par les études géotechniques) ;
- Mise en œuvre d'un mur en béton en L avec fondation en limite de la voirie de l'usine ;
- Côté Arve, une protection de berge en enrochements libres (gamme 0.4-2.1t) est remise en place selon une pente 3(H)/2(V), avec un sabot en pied ;
- Le profil en travers de la digue est conservé le long du déversoir mais les enrochements sont percolés au niveau du déversoir, avec une continuité de la digue en enrochements percolée côté usine vers une fosse de dissipation d'énergie en pied de digue ;
- De chaque côté du déversoir, le talus en enrochements libre sera repris et percolés béton sur 3 m de largeur minimum.

3.3.4. Comparaison entre les solutions techniques

Le tableau suivant présente une comparaison détaillée des solutions techniques proposées.

Tableau 5 : Analyse comparative des solutions techniques

Solution	Démolition digue existante	Largeur mini voirie usine	Étanchéité	Vibrations / Bruit	Durée des travaux	Risque chantier	Coût	Impact sur activité usine	Environnement	Dossier réglementaire	Exploitation / Entretien
Solution 1 : Palplanches acier	Non (implantation en pied de digue ou sur la digue existante)	4,10	Excellente (rideau continu)	Forte (vibro fonçage/battage)	+	Fort ; Risque de pollution des eaux souterraines au moment du fonçage	+++	Élevé (vibration, bruit)	Impact Faible. : Emprises réduites des aménagements. Conservation de la digue existante sur la majeure partie ; Moins d'impact direct sur le cours d'eau, pas de pêche électrique, dérivation réduite Impact sur les eaux souterraines, fragilisation de la ripisylve	Limite les impacts sur l'existant. La pérennité de la solution dépend uniquement des palplanches. En effet, la pérennité de la digue existante sera difficile à justifier, vu le manque d'information sur la protection existante Cadrage réglementaire : 3.1.4.0 protections de berges	Moyen : entretien régulier de l'existant. Risque d'érosion de la digue actuelle après crue
Solution 2 : Digue en enrochements liés béton	Oui (stabilité actuelle à confirmer)	4,78m	Bonne (béton)	Faible (engin de terrassement)	++	Moyen : Limitation des risques associés aux défauts de réalisation (profil en travers plus simple). Risque pollution des eaux de surface avec laitance de béton ; Nécessité de dérivation du cours d'eau + pêche électrique + pompage et filtration des eaux d'exhaure avant rejet gestion déblais/remblais	+++	Modéré (trafic camions)	Impact Fort : forte minéralisation, suppression totale du cordon rivulaire (ripisylve); Impact sur le profil en travers et en long du CE, impact potentiel sur des frayères.	Pérennité de la solution dès la fin des travaux, niveau de performance facile à justifier dans l'EDD ; Le choix de la minéralisation du site et de l'impossibilité d'utilisation des techniques végétales sera à justifier ; Cadrage réglementaire : 3.1.4.0 protections de berges + 3.1.2.0 : modification du PL/PT à cause du sabot	Faible : contrôle du parement en enrochement percolé
Solution 3 : Digue ensemelle du enrochements libres avec mur en béton armé	Au minimum partielle (excavation jusqu'à la semelle du mur) mais probablement totale si la stabilité actuelle reste non confirmée	4,30	Bonne (traitement adaptée du GC)	Faible (coulage, levage et engin de terrassement)	++	Fort ; Trois ateliers différents (digue en enrochements, technique végétale, mur en béton) : gestion du chantier avec plus d'intervenants ; Reprise éventuel du parement en technique végétale durant les trois premières années ; Risque de pollution des eaux de surface un peu plus faible Mais nécessité de dérivation du cours d'eau + pêche électrique + pompage et filtration des eaux d'exhaure avant rejet gestion déblais/remblais	+++	Faible à modéré (accès bétonnière et trafic camions pour démontage)	Impact Modéré à Fort – Continuité d'une digue en enrochements libres mais impact sur la ripisylve existante ; Impact sur le profil en travers et en long du CE, impact potentiel sur des frayères. Mais profil de berge adoucis et reconstitution à termes du "cordon rivulaire" (stratégie arbustive de saules)	Solution qui valorise au maximum les techniques végétales et limite ainsi les impacts sur le milieu naturel. La pérennité de la solution sera plus difficile à justifier dans l'EDD, vue que la protection par techniques végétales est variable les trois premières années. Cadrage réglementaire : 3.1.4.0 protections de berges + 3.1.2.0 : modification du PL/PT à cause du sabot	Moyen : entretien régulier de la technique végétale - contrôle et intervention éventuelle après crue

Solution	Démolition digue existante	Largeur solution	Étanchéité	Vibrations / Bruit	Durée des travaux	Risque chantier	Coût	Impact sur activité usine	Environnement	Dossier réglementaire	E
----------	----------------------------	------------------	------------	--------------------	-------------------	-----------------	------	---------------------------	---------------	-----------------------	---

Solution 1 : Palplanches acier	Non (implantation en pied de digue ou sur la digue existante)	≈ 0,3–0,5 m	Excellente (rideau continu)	Forte (vibro fonçage/battage)	+	Fort	++++	Élevé (vibration, bruit)	Impact Faible. Conservation de la digue existante	Limite les impacts sur l'existant. La perennité de la solution dépend uniquement des palplanches. En effet, la perennité de la digue existante sera difficile à justifier, vu le manque d'information sur la protection existante	Moyenne l'existant
Solution 2 : Digue en enrochements liés béton	Oui (stabilité actuelle à confirmer)	≈ 3–3.5 m	Bonne (béton)	Faible (engin de terrassement)	++	Limitation des risques associés aux défauts de réalisation (profil en travers plus simple).	++	Modéré (trafic camions)	Impact Fort : forte minéralisation, suppression totale de la ripisylve	Perennité de la solution dès la fin des travaux, niveau de performance facile à justifier dans l'EDD; Le choix de la minéralisation du site et l'impossibilité d'utilisation des techniques végétales sera à justifier	Faible en enrochement
Solution 3 : Digue en enrochements libres avec mur en béton armé	Au minimum partielle (excavation jusqu'à la semelle du mur) mais probablement totale si la stabilité actuelle reste non confirmée	≈ 0,5 m mur + 0,5 à 1.5 m pour la semelle	Bonne (traitement adaptée du GC)	Faible (coulage, levage)	++	Trois ateliers différents (digue en enrochements, technique végétale, mur en béton) : gestion du chantier avec plus d'intervenants ; Reprise éventuel du parement en technique végétale durant les trois premières années	+++	Faible à modéré (accès bétonnière et trafic camions pour démontage)	Impact Modéré à Fort – Continuité d'une digue en enrochements libres mais impact sur la ripisylve existante	Solution qui valorise au maximum les techniques végétales et limite ainsi les impacts sur le milieu naturel. La perennité de la solution sera plus difficile à justifier dans l'EDD vue que la protection par techniques végétale est variable les trois premières années.	Moyenne technique intervention crue

	Solution faiblement adaptée
	Solution moyennement adaptée
	Solution fortement adaptée

Solution	Avantages	Inconvénients
Solution 1 : Palplanches acier	<u>Performance</u> : Niveau de performance atteint dès la fin du chantier, apporte une double fonction étanchéité et de soutènement ; nécessite des emprises minimales ; <u>Travaux</u> : pose rapide et ne nécessite pas de réaliser de terrassements dans le lit de l'Arve ;	<u>Travaux</u> : Vibrations incompatibles avec machines sensibles, corrosion à gérer ; <u>Entretien</u> : risque d'intervention après chaque crue sur la digue existante ; <u>Evolution du profil</u> : lit mineur potentiellement variable en fonction de l'évolution des berges actuelles
Solution 2 : Digue en enrochements liés béton	<u>Performance</u> : Niveau de performance atteint dès la fin du chantier et moins de risque de défaut de performance en lien avec des défauts d'entretien ; <u>Travaux</u> : Limite les risques avec mise en œuvre d'une solution "classique » ; matériaux de la digue actuelle éventuellement réutilisés ; Travaux sans vibration,	<u>Impacts importants</u> : Ne conserve pas le fonctionnement existant; Impact total sur ripisylve et continuité écologique ; Dissipation énergie limitée par la berge et par la suppression de la ripisylve en rive ; <u>Travaux</u> : Pose d'enrochements liés sous le niveau de l'Arve ; <u>Emprise</u> : Emprise importante et mur quasi vertical côté usine, nécessite de percoler de béton l'enrochements, Travaux d'enrochements liés sous le niveau de l'Arve
Solution 3 : Digue en enrochements libres avec mur en béton armé	<u>Performance</u> : Meilleure réponse hydraulique vis-à-vis de la dissipation d'énergie et assure une stabilité en masse ; La technique végétale en haut de digue permet de conserver la continuité écologique ; Longue durée de vie après les trois premières années et avec un entretien adapté ; <u>Travaux</u> : Travaux sans vibration ;	<u>Performance</u> : maximum uniquement au bout de trois ans ; à justifier dans l'EDD; <u>Travaux</u> : Risque en lien avec la mise en œuvre de techniques variées; La pérennité de la technique végétale dépend fortement de la phase chantier et sensibilité au climat; Besoin d'emprise pour la semelle / fondations côté sous la voirie de l'usine. <u>Entretien</u> : suivi et reprise éventuelle de la technique végétale pendant les trois premières années ; entretien régulier durant toute la durée d'exploitation de la digue

Le tableau suivant présente la comparaison de façon synthétique sur les points principaux.

Sujet / Sous-sujet	Solution 1 : Palplanches acier	Solution 2 : Digue en enrochements liés béton	Solution 3 : Digue en enrochements libres avec mur en béton armé
Gain sur la protection du secteur			
• Niveau de protection hydraulique - système d'endiguement pérenne à Q100	++	++	++
• Dissipation d'énergie		-	+
Impact sur l'usine après travaux			
• Circulation - en bord de digue			
Impact sur l'usine en phase chantier			
• Vibrations / Bruit	--	-	-
• Durée des travaux	-	--	--
• Accès	-	--	--
Risques en phase chantier			
• Risque de pollution des eaux souterraines	--		
• Risque de pollution des eaux de surface		--	-
• Nécessité de dérivation du cours d'eau + pêche électrique + pompage et filtration des eaux d'exhaure avant rejet		--	--
• Gestion déblais / remblais		--	-
• Planning - Ateliers différents - Risques de reprise			--
Environnement			
• Impact sur la berge existante (ripisylve)		-	-
• Impact sur espèces protégées	-	--	-
• Impact sur l'Arve (profil en travers et en long du CE)		--	-
• Intégration paysagère	--	-	++
Procédures réglementaires			
• Loi sur l'eau - Modification du profil en long et en travers		-	-
• Loi sur l'eau - Valorisation des techniques végétales			++
• EDD - Niveau de performance dès la fin des travaux	++	++	+
Exploitation / Entretien			
• Suivi et entretien les trois premières années		+	-
• Contrôle et intervention potentiel après crue	-		-
Coût (euros HT)	1 092 000	1 250 000	1 141 000

Les tableaux de comparaison indiquent que les deux solutions n°2 et n°3, alternatives à la solution « palplanches » sont adaptées au contexte des travaux. L'impact sur le fonctionnement de l'usine restera faible à modéré et probablement mieux acceptable à celui des palplanches.

Que ce soit la **solution S2 ou S3**, la réhabilitation de la digue en enrochements nécessitera de démonter une partie non négligeable de la digue existante afin de garantir la stabilité globale de l'ouvrage, ce qui générera des trafics de camion lors du démontage et lors de sa mise en œuvre. Ces travaux nécessiteront probablement de créer un accès au chantier en continue côté terre avec le risque d'intervenir sur la parcelle privée de l'usine Gradel Baudin et de devoir utiliser l'accès existant situé entre l'usine et la digue actuelle.

Pour le chiffrage des solutions techniques, il a été pris en considération les risques d'instabilités du talus du côté de l'Arve du fait que les enrochements actuellement en place présentent de nombreux désordres et une pente favorisant le glissement. En attendant les résultats définitifs géotechniques, il a semblé préférable de chiffrer le démontage complet de la digue existante. Le montant des travaux des solutions S2 et S3 sont similaires.

Les détails des estimations financières sont présentés au chapitre 8.

Pour la **solution S3**, la mise en place d'un mur en béton qui finit la protection à Q100 présente l'avantage de conserver globalement le niveau altimétrique de la digue actuelle avec une digue adoucis à 3(H)/2(V), en enrochements libres calés à Q5 minimum, qui s'intégrera mieux dans la continuité de la digue existante en amont et en aval de la zone de projet. Les enrochements libres permettent de la dissipation d'énergie et surtout autorise l'utilisation de techniques végétales de type lit de plants et plançons sur le haut de digue au-dessus du niveau Q5.

Cependant la durée des travaux est supérieur en raison de la mise en place de diverses techniques dont le mur en L béton armé avec fondation et la technique végétale. Il sera de plus nécessaire d'intervenir ponctuellement au niveau de la voirie de l'usine pour installer les fondations du mur sous la structure de celle-ci et assurer la remise en état de la voirie après travaux.

Pour la **solution S2**, le parement en enrochements liés remonte jusqu'en haut de la digue avec une pente de 1(H)/1(V). Le profil de la digue est continu jusqu'au niveau Q100 et se prolonge jusqu'en haut de la digue avec une revanche de 1m de hauteur. Il n'est pas prévu d'intégrer de la technique végétale sur le tronçon TB, ce qui induit une rupture de la continuité végétale en rive droite à l'aplomb de l'usine sur une distance d'environ 100ML. L'impact de cette solution sur la ripisylve existante en berge est plus importante que celui de la solution S3 mais reste localisé sur un linéaire faible et dans un secteur dont la continuité écologique est déjà fortement dégradée en raison d'une artificialisation déjà présente sur ce secteur avec la présence de trois ponts d'infrastructures linéaires à proximité.

Il est préconisé la **mise en place de la solution n°2** qui assure la mise en place d'un système d'endiguement pour les crues de période de retour Q100, et dont la performance est totale dès la fin des travaux.

3.4. Analyse de l'impact du scénario S2

3.4.1. Justification des techniques utilisées

La berge actuelle est végétalisée, il existe ainsi un risque de déstabilisation du perré historique par la présence d'arbres. Le projet (solution S2) prévoit une protection de digue associée à la mise en place d'un sabot de pied de berge, ce qui impose la dépose (au moins partielle) de la digue actuelle et la suppression de la ripisylve actuelle.

À la vue de l'analyse hydraulique et des retours d'expérience, il n'est pas possible de mettre en place un ouvrage protégé uniquement par des techniques végétales sur la zone de projet. En effet, les vitesses d'écoulement de l'Arve et le contexte contraint du projet avec les pentes mise en place, imposent une protection en enrochements de calibres adaptés aux vitesses d'écoulement. La **solution S2** retenue est une protection de berges constituées uniquement d'enrochements et supportent les vitesses et les forces d'arrachement calculées quelle que soient les périodes de retour de crue.

Le tableau suivant présente en fonction des types de protection, les contraintes tractrices admissibles et les vitesses d'écoulement correspondantes.

Tableau 6 : Contraintes tractrices admissibles pour les lits de plants et plançons (Sangalli 2019) et pour les parements en enrochements (Bonin et al., 2013)

Etat de développement des lits de plants et plançons	Contraintes tractrices admissibles (N/m ²)	Vitesses admissibles (m/s)
Lits de plants et plançons – En période de développement	100	3
Lits de plants et plançons – Après développement	150 - 200	3 - 6
Enrochements libres	200 - 300	4 - 6
Enrochements liés	300 - 400	6 - 8

Le modèle hydraulique à l'état projet (Cf. annexe n°1 présente au chapitre 6.4) indique pour la solution S2 que les vitesses à Q100, celles-ci varient de **3,6 m/s à 5,1 m/s** de l'amont à l'aval de la zone de projet, la vitesse maximum étant localisée directement en amont du pont de l'A40. L'annexe n°1 présente au chapitre 6.3 un tableau des contraintes hydrauliques en fonction des périodes de retour. Pour la solution S2, elles passent de 90 à 105 N/m² à Q5 à 120 à 150 N/m² à Q100.

L'analyse du tableau précédent indique donc que le parement retenu dans la **solution S2** permet sans difficulté de résister aux vitesses et forces tractrices de l'Arve sur ce secteur.

A noter que le type de parement retenue avec la solution S2 présente une **résistance supérieure** à celle de la digue actuelle qui est actuellement partiellement végétalisée. Ceci permettra de démontrer dans le cadre de l'étude de dangers, sa résistance aux crues jusqu'à une période de retour centennale, quelles que soit les situations dégradées envisageables.

3.4.2. Incidences hydrauliques

De façon générale, le projet ne modifie pas significativement le gabarit du lit de l'Arve et les conditions d'écoulement globales sur la zone d'étude. L'emprise des zones inondables et des zones protégées par le système d'endiguement sont similaires pour une crue inférieure à Q10 et amélioré pour les crues supérieures à Q10 avec une absence de zone inondable jusqu'à Q100 et une amélioration à Q200.

La solution S2 retient une pente de 1 (H)/1 (V), il est ainsi globalement proposé un adoucissement des berges actuelle qui sont ponctuellement plus pentée que 1 (H)/1(V).

3.4.3. Hauteur d'eau et vitesses d'écoulement

La comparaison des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement entre la situation actuelle et l'état projeté met en évidence quelques modifications localisées des conditions d'écoulements en lien avec la réhabilitation de la digue. Globalement, la ligne d'eau est dans l'ensemble légèrement supérieure en phase projet pour la crue centennale : les différences observées sont de l'ordre de +3cm à +6cm excepté au niveau du déversoir où la ligne d'eau en état projet est légèrement inférieure (ordre de quelques centimètres). Les vitesses d'écoulement sont similaires entre les deux situations.

Ce rehaussement du niveau n'a pas d'impact sensible en rive gauche de l'Arve, qui voit sa limite de zone inondable sensiblement identique.

Les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement modélisées à Q100 sont répertoriés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Hauteurs et vitesses estimés (Etat actuel – AVP-S2)

Localisation	Etat actuel		AVP S2– fond haut		AVP – bathymétrie 2025	
	H (m)	V (m/s)	H (m)	V (m/s)	H (m)	V (m/s)
Amont – Pont SNCF – P15	520,02	3,63	520,08	3,55	519,65	3,72
Axe projet – P18	519,71	4,14	519,74	4,21	519,37	4,35
Aval – Pont A40 – P20	519,07	5,00	519,05	5,13	518,87	4,88

3.4.4. Contraintes hydrauliques

Lors de la phase diagnostic, les forces tractrices (forces d'arrachement) ont été estimées selon les occurrences de crues étudiées à l'état actuel, au fond du lit. Les ordres de grandeurs sont présentés dans le tableau en page suivante.

Tableau 8 : Force tractrice en fonction des types de crue – P18 (Etat actuel et AVP-S2)

Occurrence	Etat actuel	AVP S2
Q5 <i>Fond haut</i>	100 à 130 N/m ²	90 à 105 N/m ²
Qnov2023 <i>Fond 2025</i>	110 à 125 N/m ²	110 à 120 N/m ²
Q100 <i>Fond haut</i>	120 à 200 N/m ²	120 à 150 N/m ²

3.5. Description de la solution retenue

Le linéaire de digue est composé de plusieurs secteurs différents en termes de morphologie de digue existante, de disponibilité d'emprise et d'accessibilité. Ainsi, la solution va se déployer différemment en fonction des caractéristiques de chaque secteur pour distinguer 4 tronçons homogènes.

Il est retenu à ce stade la **solution n°2**, telle que présentée au chapitre 3.3.2.

Sur le **secteur amont (TA)**, côté talus ferroviaire, les emprises disponibles sont suffisantes pour implanter une protection en remblai classique, en élargissant et rehaussant la digue actuelle. Afin de respecter l'aqueduc SNCF, l'implantation de la digue s'éloigne de la rivière et de la digue existante. Le niveau d'eau décennal étant inférieur au niveau du terrain naturel et les vitesses d'écoulement étant faibles en sortie de l'ouvrage SNCF, un perré de protection en enrochements n'est pas nécessaire sur ce secteur. La nouvelle digue est constituée de matériaux de remblai avec une protection du parement en terre végétale. La digue s'étant jusqu'au fossé de drainage associé à l'aqueduc ferroviaire. La zone située entre la digue et l'Arve est plantée avec des espèces arbustives diversifiées de façon à créer un boisement rivulaire de qualité. La protection en enrochements libres en sortie du pont SNCF est prolongée jusqu'à la nouvelle digue en enrochements libres avec une pente en 3/2. La zone de raccordement entre les deux tronçons de digue est traitée en enrochement liés en cohérence avec la modification de la pente.

Sur le **secteur aval (TD)**, côté talus autoroutier, les emprises disponibles sont suffisantes pour implanter une protection en remblai classique, en élargissant et rehaussant la digue actuelle. Afin de raccorder la protection sur le talus autoroutier et de faciliter le rétablissement de l'accès agricole, l'implantation de la digue s'éloigne de la rivière et de la digue existante qui se poursuit le long de l'Arve sous le pont de l'A40. La nouvelle digue est similaire à celle du TA, elle est constituée de matériaux de remblai avec une protection du parement en terre végétale. De façon identique à l'existant, le secteur situé entre la voirie agricole et la digue est protégée par de la terre végétale qui est compatible avec les faibles vitesses d'écoulement.

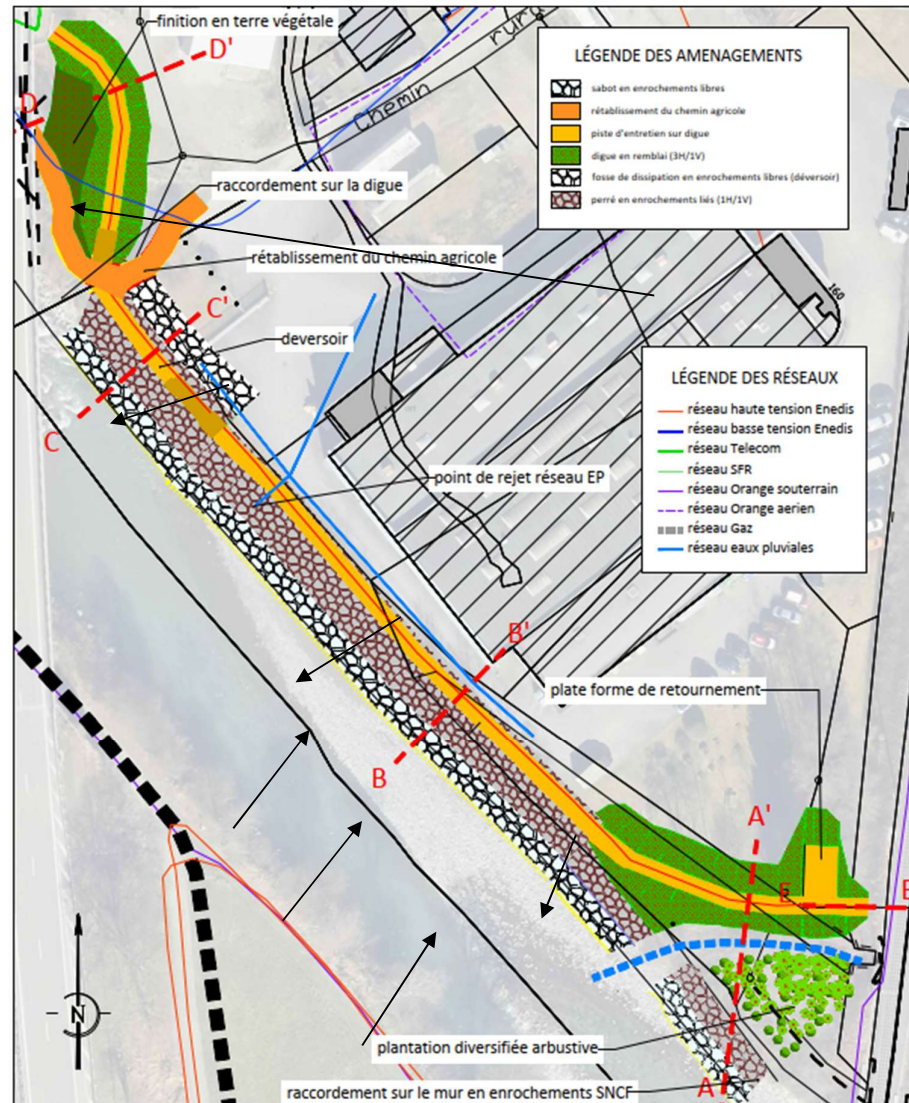


Figure 28 : Solution retenue – Vue en plan de la digue en enrochements liés

Le **secteur de l'usine (TB)** se caractérise par une faible emprise qui contraint le foncier disponible pour implanter la protection et pour la réalisation de celle-ci. L'emprise disponible est très faible du fait de la présence de l'usine et de la chaussée associée qui doit être conservée sur sa largeur actuelle pour le passage des camions (4.1 m minimum). De plus, la digue existante à rehausser repose sur des matériaux très perméables, et la berge est très raide (1/1 à 1/3) et potentiellement instable.

Il sera mis en place sur ce secteur un talus en enrochements percolés (gamme 400-2100 kgs) selon une pente 1(H)/1(V), avec un sabot de pied ancré dans le lit de l'Arve. Le parement en enrochements lié se prolongera jusqu'au niveau de la crue centennale + une hauteur de revanche de 1m. En haut de digue, il est mis en place une piste d'entretien de 3m de largeur. Côté usine, la digue se raccorde au terrain naturel sous la forme d'un mur en enrochements liés penté à 1(H)/5(V), de tel sorte à libérer une largeur minimum de 4,7m entre le pied de la digue et le bâtiment de l'usine.

Le **secteur du déversoir (TC)** situé entre le secteur de l'usine et le secteur aval. Il correspond à la zone d'implantation d'un déversoir de sécurité. De même, l'emprise est également limitée du fait du portail d'accès à l'usine, de la voirie qui doit être rétabli et de l'implantation du bâtiment de l'usine. La solution proposée au niveau du déversoir intègre la continuité de l'étanchéité avec une prolongation du parement en enrochements liés jusqu'au seuil du déversoir. Un talus en enrochements percolés (gamme 400-2100 kgs) sera remis en place selon une pente 1(H)/1(V), avec un sabot de pied de façon similaire au secteur de l'usine.

Au-dessus du remblai classique TA et TD, la piste d'entretien de 3m de largeur mis en place sur les secteurs TB et TC se prolonge afin d'assurer un accès d'entretien en continue. Une couche de roulement en GNT 0/31,5 est mise en place afin de permettre la circulabilité du remblai. Son profil en long suit la ligne d'eau à l'exception de la zone de déversoir qui conserve des pentes inférieures à 12%.

Le tableau suivant présente une synthèse par secteur des caractéristiques principales des protections retenues.

Tableau 9 : Caractéristiques principales des protections retenues

Tronçon	PK	Type de digue	Caractéristiques géométriques	Dispositifs de protection	Points sensibles / à étudier
Secteur amont (TA)	PK 0 à PK 55	Remblai d'apport compacté - décapage du sol existant sur 0,9m – bêche d'assise sur L=1,2m	Crête : 3 m Talus : 2H/1V Décapage terre végétale	Digue en remblai. Protection du parement côté Arve et côté terre par terre végétale simple (vitesses faibles)	Raccordement au remblai SNCF en amont
Secteur de l'usine (TB)	PK 56 à PK142	Digue actuelle démontée et rehaussée à Q100 + 1m	Crête : 3 m Talus : 1H/1V	Digue en enrochements bétonnés jusqu'à Q100+ 1m de revanche avec sabot en pied calé à 0,5m sous le niveau bathymétrique de 2025 Protection du parement côté Arve par enrochements bétonnés ; Mur en enrochements bétonnés côté terre, pente 1H/5V	Démontage partiel de la digue actuelle (épaisseur minimum 2,1m)
Secteur du déversoir (TC)	PK 143 à PK 180	Digue actuelle démontée et adaptée	Crête : 3 m Talus : 1H/1V	Digue en enrochements bétonnés jusqu'à Q100+ 0,10m avec sabot en pied calé à 0,5m sous le niveau bathymétrique de 2025 Déversoir en enrochements bétonnés côté terre, pente 3H/2V. Fosse de dissipation d'énergie en enrochements libres	Démontage partiel de la digue actuelle (épaisseur minimum 2,1m)
Secteur aval (TD)	PK 181 à PK 216	Remblai d'apport compacté - décapage du sol existant sur 0,9m –	Crête : 3 m Talus : 2H/1V Décapage	Digue en remblai.	Raccordement au remblai autoroutier en

Tronçon	PK	Type de digue	Caractéristiques géométriques	Dispositifs de protection	Points sensibles / à étudier
		bèche d'assise sur L=1,2m	terre végétale	Protection du parement côté Arve et côté terre par terre végétale simple (vitesses faibles)	aval

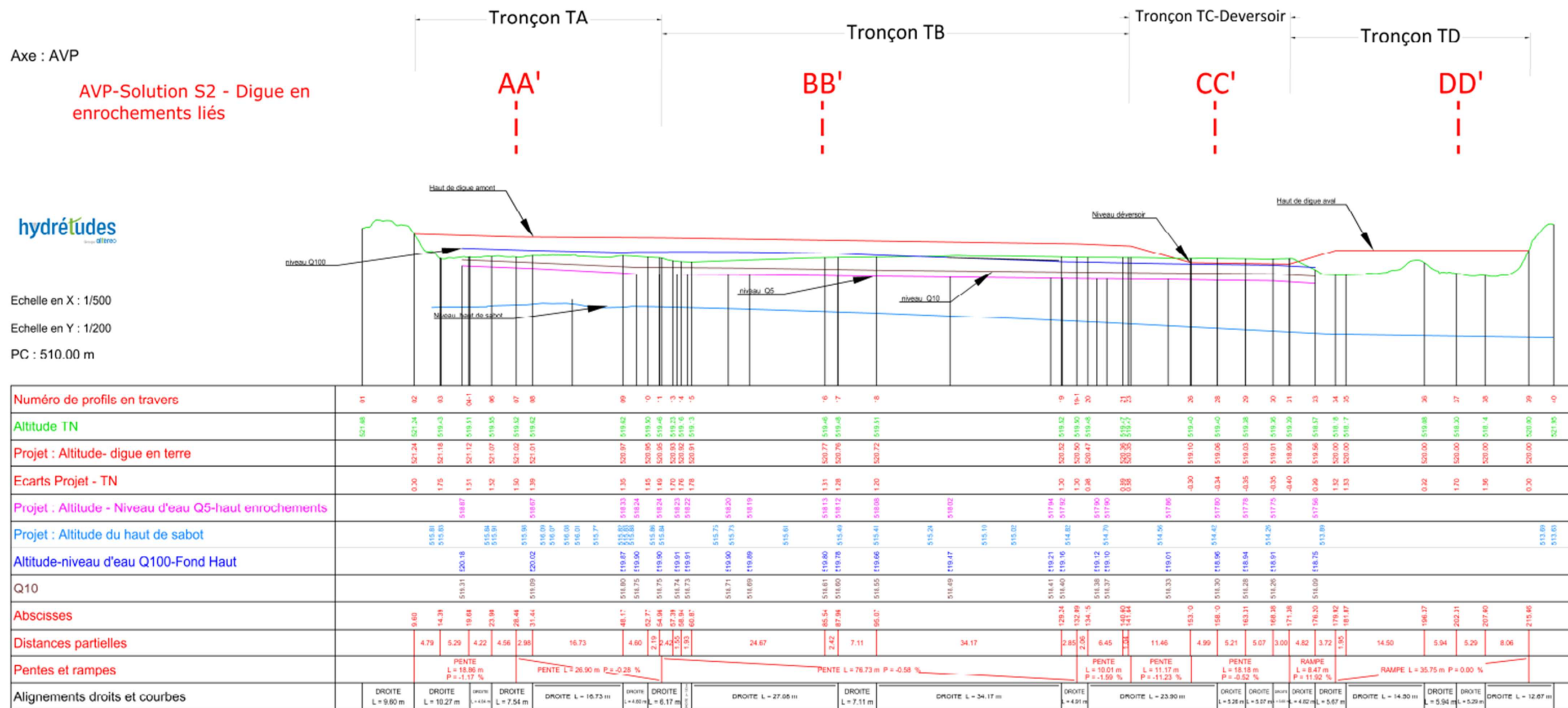
3.5.1. Profil en long du projet

Le tableau suivant présente les niveaux Q100 de l'Arve à différents PK de la digue, ainsi que les côtes de digue retenue pour le projet de conception.

Tableau 10 : Niveaux d'eau à Q100 et côte de la digue retenue à l'AVP

Profil De l'AVP HYDRETTUES	PK de la digue	Niveau Q100	Côte de la digue retenue
A	PK 0 à PK 55	520,24 – 519,90	521.24 – 520,95
B	PK 56 à PK142	519,90–519,10	520.95 -520.35
C	PK 143 à PK 180	518,98 –518,99	520.35 - 519.10 – 518.99 - 520.20 Niveau de la crête du déversoir
D	PK 181 à PK 216	<518,75	520.00

Il est présenté en annexe n°4, les plans AVP du projet comprenant le profil en long et le cahier des profils en travers.



3.5.2. Déversoir

Il est mis en place un déversoir de sécurité dans la digue, latéral aux écoulements afin d'éviter une surverse généralisée par-dessus de la digue d'Oëx en cas de crue supérieures à la crue centennale. Il a été décalé au maximum du bâtiment de l'usine afin que la zone de dissipation des surverses en aval de l'ouvrage ne touche pas de zones bâties. De plus, la topographie naturelle impliquant que les écoulements s'orientent en direction du Nord, il est préférable de décaler le déversoir au maximum le long de l'ATMB.

Il est attendu du déversoir de limiter les risques de rupture généralisés de la digue, de localiser le chemin de débordement en cas de crue supérieure à Q100 et de contrôler les vitesses en sortie de l'aménagement afin d'éviter l'érosion interne et les dégâts en aval.

La jonction entre avec les tronçons TB et TD et les différents profils devra être soignée. L'étanchéité sera à conserver.

Tableau 11 : Caractéristiques du déversoir (S2)

Élément	Caractéristiques retenues pour la solution n°3
Largeur de crête	L=3m En béton fibré (ép. 0,2 m) sur couche de fondation en GNT 0/31,5
Pentes	Amont 3H/2V Aval 1H/1V Talus en enrochements percolés en béton
Radier aval	Longueur $\geq 4 \times$ hauteur d'eau aval, Fosse de dissipation en enrochements libres (ép. 1m)

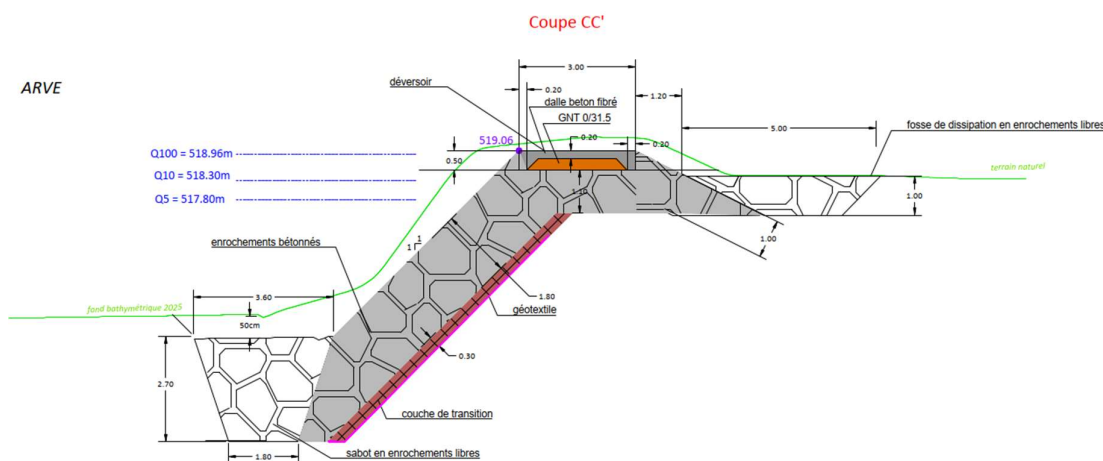


Figure 30 : Profil en travers C-C' de la digue au niveau du déversoir (S2)

Le déversoir est constitué des éléments suivants :

- Parement en enrochements bétonnés (400-2100 kg) est mise en place sur environ 30ml) selon une pente 1H/2V côté de l'Arve et avec une pente 3H/2V côté terre ;
- Un sabot (butée de pied) en enrochements libres en pied de digue calé à 0,5m sous le niveau bathymétrique de 2025 ;

- Une dalle de béton fibrée en crête de digue de 0.2m, résistante à l'érosion et permettant la circulation des engins. Celle-ci est mise en place sur une couche de fondation en GNT 0/31.5 de 0.30m;
- Une fosse de dissipation de longueur de 5m avec substitution du terrain avec des enrochements libres, qui permettra de dissiper l'énergie des eaux déversantes.

La digue côté Arve sera intégralement reprise sur le linéaire du déversoir pour être adaptée aux fortes vitesses lors des surverses. Elle sera calée à la côte Q100 + 0,10m afin d'éviter tout débordement pour la crue centennale.

La mise en œuvre du déversoir comprend les étapes suivantes :

- Les enrochements existants sont démantelés intégralement (jusqu'à un côté défini par les études géotechniques) ;
- Le terrassement en déblai se prolonge côté terre pour préparer la fosse de dissipation ;
- Une protection en enrochements percolés (gamme 400-2100 kgs) est remise en place selon une pente 1H/1V, avec une butée de pied côté de l'Arve ;
- Raccordement au TN par un perré en enrochements percolés de pente 3H/2V côté terre ;
- La fosse de dissipation de 1m est aménagée avec un géotextile filtrant et des enrochements libres.

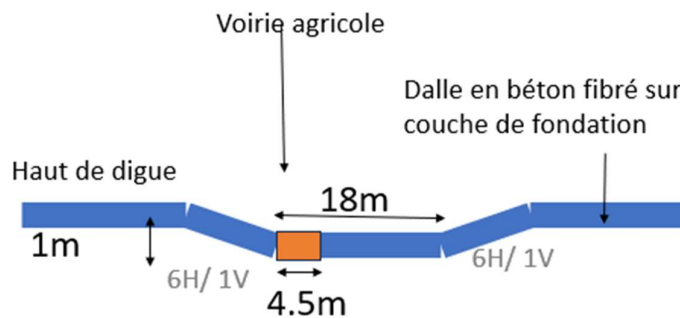


Figure 31 : Profil en long de la digue au niveau du déversoir

Le rétablissement du chemin agricole au niveau du déversoir est présenté au chapitre 3.6.

3.5.3. Accès pour l'entretien des digues

Le profil en long de la crête de digue a été travaillé de façon à la rendre circulaire par des véhicules d'entretien avec des pentes longitudinales maximum à 12% (1(V) / 6 (H)) au niveau du déversoir. Les accès destinés à l'entretien des digues seront réalisés par des rampes inclinées entre 7% et 12 %, selon les modalités suivantes :

- L'accès principal à la piste d'entretien se fera par la route de la gare d'Oëx : au niveau de l'accès agricole, les rampes seront prolongées sous forme d'un tracé en arc de cercle, permettant une montée ou une descente progressive sur la digue, que l'approche se fasse depuis l'A40 ou depuis la voie ferrée (Cf. chapitre 3.6) ;
- Au niveau du haut du déversoir, la rampe sera légèrement élargie afin de permettre d'accéder à la piste d'entretien située sur la crête de la digue ;
- A proximité du remblai ferroviaire de la SNCF, il sera mis en place une plate-forme de retournement de 5m sur 8m, composé d'une structure similaire à celle de la piste d'entretien (structure composée de 0,30 m GNT 0/31,5).

3.5.4. Raccordements aux talus SNCF et autoroutier

L'analyse du raccordement au remblai SNCF en amont (terrassements, étanchéité) ainsi qu'au talus autoroutier sera étudié en détail en phase PRO.

Côté ATMB : Une continuité en enrochement sera mise en place entre les enrochements du déversoir et les enrochements au pied du pont de l'ATMB. Elle s'arrêtera en limite du tablier. Il est prévu une protection en enrochements libres dès que la pente 3/2 pourra être mise en place et si nécessaire en enrochements liés (sur la zone de jonction entre 1/1 et 3/2).

Côté SNCF : Une continuité en enrochement sera mise en place entre les enrochements du profil B-B' et les enrochements libres existant en continuité de la culée SNCF. Elle s'arrêtera à la jonction avec la protection de berge SNCF. Pour la solution S2, la protection de berge SNCF existante en aval du pont SNCF, sera prolongée avec la mise en œuvre d'une berge en enrochements libres de pente de 3/2. En aval de l'arrivée du fossé de l'aqueduc SNCF, la nouvelle digue se rapproche de la berge de l'Arve. Il sera alors mis en place une zone de jonction entre la berge en enrochements libres et la digue en enrochements liés (profil B-B').

La figure ci-après détaille la zone de raccordement au talus SNCF : la distance du projet aux voies, l'écart altimétrique entre les voies et la digue, et la position des plans P0, P1 et P2, qui matérialisent les enveloppes de sécurité régissant les conditions d'exploitation ferroviaire durant l'exécution des fouilles.

Le principe des plans P0, P1 et P2 est issu du référentiel d'ingénierie SNCF « Règles de conception, réalisation et contrôle concernant les ouvrages provisoires et les opérations de construction » (IG90033 du 2 janvier 2018).

Au vu des tracés, il est constaté que les fouilles et travaux de terrassement ne pénètrent dans aucun des plans P0 (incliné à 2H/1V) et P1 (incliné à 3H/2V) et P2 (incliné à 1H/1V).

D'après ce référentiel, les terrassements, fouilles et blindages ne sont donc pas considérés comme réalisés « à proximité des voies ferrées » et ne relèvent pas des ouvrages ou opérations de première catégorie. Les fouilles situées au-dessus du plan P0 ne risquent pas de déstabiliser la voie. Ces conclusions seront confirmées en phase PRO, sous réserve des validations de SNCF Réseau.

Le référentiel indique que « *Sauf indication contraire du marché (nécessitant l'accord de SNCF Réseau), l'exécution de terrassements (fouilles, déblais ou remblais) à moins de 3 m de l'axe d'une voie exploitée est interdite.* »

Raccord de la digue sur le talus SNCF existant
Coupe EE'

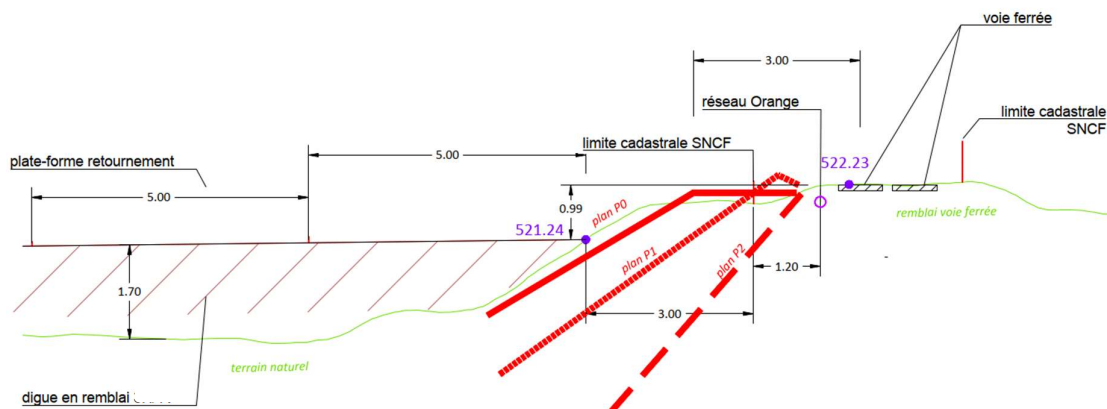


Figure 32 : Profil en travers de la jonction entre la digue et le talus SNCF

3.6. Rétablissement du chemin agricole

3.6.1. Implantation de la route agricole

La **première solution** analysée est le rétablissement de la route agricole à son implantation actuelle. La structure de digue du tronçon TD est localement adaptée afin d'ajouter deux rampes d'accès avec une géométrie permettant son franchissement par des véhicules d'entretien et agricoles.

La **seconde solution** étudiée a été l'intégration de la voirie agricole au déversoir. La vue en plan et le profil en long au niveau de la digue correspondant sont présentés sur les figures suivantes.

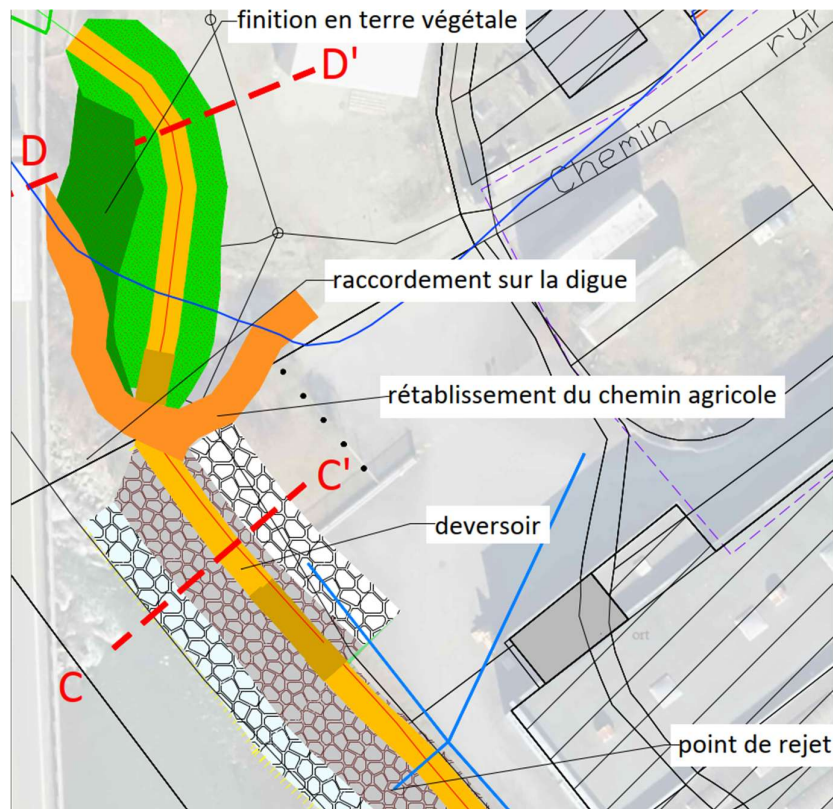


Figure 33 : Vue en plan du rétablissement de la route agricole

Axe : PISTE

hydrétudes
Société technique d'ingénierie
510, rue de Champs-Élysées
14 370 ARRONCHY
Tél: 06 80 01 11 00
Email: contact@hydrétudes.com

Echelle en X : 1/250

Echelle en Y : 1/100

PC : 508.00 m

Profil dessiné par HYDRETUDES

Numéro de profils en travers	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Altitudes TN	119.23	119.27	119.31	119.42	119.54	119.57	119.59	119.59	119.59	119.54	119.50	117.99
Altitudes Projet	119.23	119.27	119.31	119.42	119.54	119.57	119.59	119.59	119.59	119.54	119.50	117.99
Ecart Proj - TN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Abscisses	0.00	5.10	9.77	13.51	18.57	22.27	25.94	29.61	33.28	36.95	40.62	44.29
Distances partielles	5.10	4.77	3.99	4.56	1.63	2.57	2.54	3.96	2.49	3.43	3.25	4.78
Pentes et rampes	RAMPES L = 9.00 m P = 0.72 % P = 3.10 % RAMPES L = 18.11 m P = 12.2 % P = 1.41 % RAMPES L = 15.49 m P = 7.4 % P = 4.12 %											
Alignements droits et courbes	DROITE L = 5.19 m	DROITE L = 4.73 m	DROITE L = 3.99 m	DROITE L = 4.56 m	DROITE L = 4.94 m	DROITE L = 5.04 m	DROITE L = 3.08 m	DROITE L = 2.49 m	DROITE L = 3.43 m	DROITE L = 3.25 m	DROITE L = 4.78 m	

Figure 34 : Profil en long du rétablissement de la route agricole

La position du déversoir a nécessité de décaler la voirie agricole de son axe actuel et de mettre en place une rampe d'accès en biais sur le talus de la digue côté terre et côté Arve.

La rampe côté Arve a été implantée afin de conserver une distance minimum de 4m entre le haut de la berge actuelle et la base de la nouvelle digue afin de permettre une largeur utile de 3m circulaire + 1m de berme.

La seconde solution a pour avantage :

- De limiter la côte maximum du chemin agricole à la cote centennale, ce qui permet de réduire les pentes de circulation des rampes à environ 12% ;
- De rejoindre le niveau actuel du chemin entre la nouvelle digue et le pont de l'A40 en dehors de celui-ci, ce qui permet de respecter le gabarit vertical actuel du chemin sous le pont de l'A40.

Elle a par contre l'inconvénient de s'implanter en dehors de son foncier actuel, sur un foncier privé et de rendre un peu plus complexe la phase travaux.

En phase AVP, c'est cette seconde solution qui a été retenue et chiffrée.

3.6.2. Détails de la route agricole

Il est pris en compte dans les études de conception, une route agricole légère compatible avec des petits tracteurs (< 6t), remorques benne ou tonne à lisier tracteurs (< 18t). Les caractéristiques prises en compte pour le rétablissement du chemin agricole sont les suivantes :

- **Largeur de chaussée** : 3,50 m utile (trafic à sens unique, avec croisement avant ou après la rampe. A noter que 3,50 m laisse 0,25 m de marge par côté pour un tracteur de 3,0 m de large ;
- **Pente longitudinale de rampe** : il est retenu une pente de 12% maximum mais cela nécessite de mettre en place une surface stabilisée sur la rampe ;
- **Gabarit vertical sous pont** : 4,50 m recommandé (norme française pour voies agricoles sous ouvrage d'art) ; 4,10 m minimum ; Le gabarit du projet sera à confirmer en phase PRO ;
- **Structure de chaussée type** : 0,30 m GNT 0/31,5 + 0,08 m grave traitée ou BBSG agricole (à confirmer en phase PRO)

La route agricole sera réhabilitée uniquement sur le secteur impacté par la zone de travaux. Les accès en phase travaux seront détaillés en phase PRO.

3.7. Remise en état de la voirie de l'usine

La phase travaux va impacter fortement la voirie de l'usine située le long de la digue, ainsi que la zone d'entrée Ouest de l'usine. Il est ainsi prévu à ce stade le démontage du portail de l'usine en début de chantier, sa remise en place en fin de chantier ainsi que la remise en état de la surface circulaire en entrée et le long de la digue d'Oëx.

Au stade AVP, il est retenu la **structure de chaussée pour circulation lourde suivante** : 0,30 m GNT 0/31,5 + couche de base (Grave bitume 0/14, ép=13cm). + couche de roulement (BBSG 0/10 ép=6cm).

Il sera vérifié au PRO, le type de chaussée adaptée au type de véhicule circulant sur le secteur.

4. Dimensionnement de la protection par endiguement

4.1. Principes et hypothèses principales retenues

Les hypothèses principales retenues pour le projet de confortement de la digue d'Oëx sont les suivantes :

- Débit de projet : crue centennale **Q100=553 m³/s** (voir le chapitre Hydrologie 2.7.1) ;
- Revanche : minimum 100cm entre le niveau centennal et le sommet de la protection (voir le chapitre 3.5.3) ;
- Déversoir de sécurité calé au niveau de la crue centennale+ 0.1m. Capacité au minimum jusqu'à la crue Q200. Ce qui permet d'éviter une surverse généralisée non contrôlée en cas de crue supérieure à la crue centennale ;
- Pente talus en remblai : $2(H)/1(V)$;
- Pente talus en enrochements liés : $1(H)/1(V)$;
- Largeur sommet de digue : 3m ;
- Digue : Protection en enrochements liés ;
- Déversoir (TC) : protection en enrochements percolés jusqu'au niveau Q100 + 0.1m

Les hypothèses secondaires sont les suivantes :

- Si démontage de la digue existante, en dehors des secteurs contaminés par la renouée du Japon, réutilisation des matériaux sur site après criblage ;
- Mise en décharge ou enfouissement sous l'Arve de tous les matériaux de remblai de digue contaminé avec la renouée du Japon ;
- Terre végétale : apport extérieur

L'ensemble des données hydrauliques s'appuie sur les résultats du modèle hydraulique présentés dans le rapport technique de modélisation (Cf. annexe n°1). Pour rappel, le modèle hydraulique a été réalisé sur le logiciel HECRAS. Il s'agit d'un modèle bidimensionnel en régime transitoire.

Le niveau de protection recherché pour le système d'endiguement est celui de la crue centennale de l'Arve. Au-delà de la crue centennale, le foncier limitrophe pourra commencer à être submergé, avec une moindre dangerosité dans la mesure où le déversoir de sécurité donnera un temps minimum pour réagir et mettre en sécurité la population concernée (mise en eau progressive et contrôlée du lit majeur).

Les protections de digues sont dimensionnées de telle sorte à résister aux forces tractrices s'exerçant sur le parement afin de supprimer les risques d'érosion interne.

4.2. Dimensionnement des ouvrages en enrochements libres

Le projet met en place une protection en enrochements liés jusqu'au niveau Q100 + 1m sur les tronçons de digue TB (secteur de l'usine) et TC (Déversoir). Le tronçon A et D de la digue, respectivement les jonctions avec le talus ferroviaire et le talus de l'A40 sont uniquement en interface avec l'Arve en cas de crue supérieure à la Q5.

4.2.1. Calculs de la blocométrie

Le dimensionnement de la blocométrie pour la protection en pied de berge a été effectué à partir de plusieurs méthodes : Isbach, Maynard, USACE, USBR et du CEMAGREF en appliquant la correction de Lane.

Pour les dimensionnements des protections, nous retenons le débit centennal défini dans l'étude hydrologique, soit **Q100=553 m³/s**.

L'analyse des résultats du modèle au niveau des 6 profils en travers bathymétrique répartis sur le secteur d'étude (P15 à P20) a permis d'appréhender les vitesses maximums, la section hydraulique et les largeurs en fond de lit mineur.

Il est pris en compte la vitesse maximum en pied de berge, qui correspond à celle des profils P18 à P20. Il a été appliqué 20% de marge à cette vitesse afin de prendre en compte la précision du modèle et les aléas pouvant localement augmenter celle-ci (blocs, embâcle...).

La pente moyenne a été estimée à partir des données bathymétriques (côte de fond) issues de la bathymétrie de 2025, soit 0.61%, qui s'avère cohérente avec celle de la ligne d'eau.

Tableau 12 : Paramètres utilisés pour les calculs de la blocométrie des enrochements

Hypothèses de calculs (Moyenne au droit de la zone dégradé)	Arve secteur Oëx
Débit (Q100)	553 m ³ /s
Largeur du lit (miroir)	31 m
Pente du lit	0.61 %
Hauteur d'eau Q100	3.93 m
Vitesse de l'écoulement Q100 retenue	4.5 m/s (coef de sécurité de 20% / 1.2 x 3.75)
Type d'enrochements	Blocs calcaires (ou granit) anguleux densité 2.6 T/m ³

Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 13 : Blocométrie des enrochements

Calcul de blocométrie – diamètre moyen D50 (m)						
	ISBASH	MAYNORD	USBR	CEMAGREF	USACE	Retenue
ARVE	0.73	0.85	1.54	0.73	1.15	0.90

Le diamètre D50 des blocs d'enrochements retenus est de 0.90 m.

Le fuseau granulométrique est relativement étendu pour améliorer la bonne imbrication des blocs entre eux. On utilisera les plus gros blocs dans le sabot anti-affouillement et en pied de berge (blocs de liaison entre le sabot et la berge) et les plus petits blocs pour réduire les interstices entre les plus gros blocs et favoriser leurs imbrications. De plus, l'utilisation d'un fuseau étendu permettra d'être moins contraignant vis-à-vis de la fourniture des enrochements.

Tableau 14 : Fuseau granulométrique pour des enrochements

Distribution blocométrique	Diamètre médian	Poids moyen
D90	1.20 m	~ 2.1 T
D50	0.90 m	~ 900 kilos
D10	0.68 m	~ 400 kilos

A noter

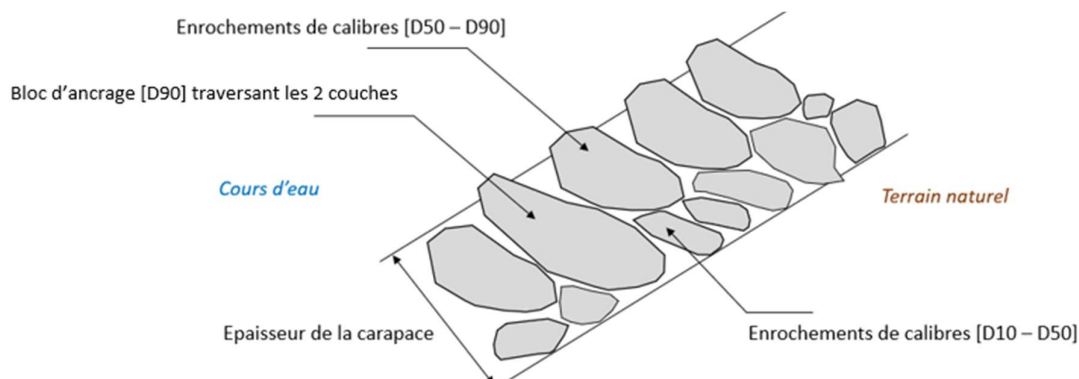
L'entreprise veillera à l'utilisation des blocs supérieurs ou égaux au D50 (0.90 m).

4.2.2.Épaisseur et fruit de la protection de berge

Nous préconisons la réalisation d'une protection du parement en double couche, soit une épaisseur de 1.8 m correspondant à 2 x D50, avec un fruit qui n'excédera pas 3H/2V.

Un fruit de 3H/2V constitue une pente maximale admise (source : Diagnostic et aménagement de rivière, G. Degoutte - éd. Lavoisier, 2012). Comme mentionné sur le schéma ci-dessous, les enrochements de calibre [D50-D90] seront mis en œuvre en 2ème couche (partie visible). Les blocs de plus petits calibres (<D50) seront préférentiellement mis en œuvre en 1ère couche (sous-couche du perré) et pourront servir de cales pour optimiser l'agencement des blocs.

Quelques gros blocs [D90] seront mis en œuvre de manière à traverser les 2 couches et servir de points d'ancrage au sein de la protection.



Par conséquent, les épaisseurs des parements sont les suivantes : 1.8m

La protection se raccordera à chaque extrémité de la protection, éventuellement sur les parties basses des talus de l'A40 en aval et de la voie ferrée SNCF en amont. La transition sera étudiée en détail en phase PRO.

4.2.3. Sabot anti-affouillement

Le calage du pied de berge (calage de l'altitude du sabot anti-affouillement) doit prendre en compte les potentielles évolutions du niveau du fond de l'Arve, notamment vis-à-vis du risque d'enfoncement du lit. Il existe deux types d'enfoncement potentiel du fond du lit :

- Les incisions généralisées qui s'étendent sur un tronçon de cours d'eau et qui constituent un dysfonctionnement en termes de transport solide – ce n'est pas le cas de l'Arve ;
- Les affouillements localisés en période de crue exceptionnelle. Ce qui a probablement dû se passer pour l'Arve lors de la crue de novembre 2023.

4.2.3.1. Historique de l'évolution du profil en long de l'Arve

La dynamique actuelle du profil en long de l'Arve a été analysé dans le cadre du plan de gestion de l'Arve. Elle reste fondamentalement gouvernée par le charriage des sédiments du lit ; toutefois, elle porte encore la marque des profondes perturbations du XX^e siècle. Les endiguements puis l'extraction de plus de 10 millions m³ de graviers entre 1950 et 1990 ont provoqué une incision spectaculaire – jusqu'à 10 m au Fayet – et transformé une rivière autrefois tressée de 200 m de large en un chenal d'à peine 30 m

Depuis l'arrêt des extractions en lit mineur et la mise en place de seuils de stabilisation (barrage des Houches, seuils ATMB, pont Vieux) combinés à des plages de dépôt et pièges industriels, près de 90 % des apports solides naturels sont désormais captés ou gérés

Cette stratégie a permis de ralentir drastiquement l'évolution verticale : dans la plaine de Cluses, le tronçon amont du pont Vieux a retrouvé une pente proche de l'équilibre historique, et l'hypothèse la plus vraisemblable à long terme est même un léger engrèvement plutôt qu'une reprise de l'incision

Plus en amont, certains secteurs larges (Magland, Chosalets) montrent un exhaussement progressif maîtrisé par des curages ponctuels, tandis que d'autres tronçons resserrés (centre-ville de Chamonix) demeurent sensibles à de petits dépôts mais sans tendance rapide ni généralisée à l'incision ou à l'exhaussement.

En résumé, hors interventions d'entretien (curages, réinjections, capture en plages de dépôt), l'Arve évolue aujourd'hui très lentement ; la sécurisation sédimentaire assure un profil globalement stable, avec une tendance long-terme plutôt à la remontée modérée du lit là où les apports latéraux dépassent la capacité de transport. Autrement dit, la rivière a quitté la période d'évolutions rapides et reste sous étroite surveillance, mais aucun bouleversement majeur (incision ou exhaussement brutal) n'est attendu à court terme – à condition de maintenir la gestion sédimentaire et la protection des seuils structurants.

4.2.3.2. Affouillement localisé en crue

Le fond de l'Arve peut subir des évolutions localisées en crue (affouillement). Le tableau suivant présente les caractéristiques prises en compte pour analyser les affouillements de l'Arve au niveau du projet.

Tableau 15 : Les caractéristiques des écoulements de l'Arve sur le secteur d'Oëx

Hypothèses de calculs	L'Arve sur le secteur d'Oëx	
Débit (Q100)	553	m ³ /s
Largeur du lit (miroir)	31	m
Pente du lit	0.61	%
Hauteur d'eau Q100	3.93	m
Vitesse moyenne de l'écoulement (Prise en compte d'un coefficient de majoration de 1.2 au voisinage des berges)	4.50	m/s
Diamètre moyen 50 des matériaux fond de lit) *	50	mm

A noter qu'au niveau de l'Arve amont, le suivi granulométriques au barrage des Houches indique un D moyen compris entre 60 et 90mm (lit caillouteux à blocs) et en aval (Annemasse-Étrembières-Jonction Genève) il est observé D moyen compris entre 25 et 45mm. Au niveau de l'Arve médian de Sallanches à Bonneville, il peut être retenu un diamètre moyen des matériaux de fond du lit compris entre 40 et 70mm. **Il est retenu au niveau de la digue d'Oëx une valeur moyenne de 50mm.**

Un test de sensibilité démontre la faible évolution de la profondeur d'affouillement selon le Dmoyen des matériaux (18% de variation entre 30mm et 80mm), et que cette dernière est surtout sensible à la géométrie du cours d'eau (largeur) et au débit du projet.

A noter

La formule d'Izard et Bradley retravaillée par Ramette permet de calculer la profondeur d'affouillement ou la profondeur sur laquelle les matériaux du lit risquent d'être déplacés (Guide d'Hydraulique Fluviale, Rapport EDF-DER, 1981).

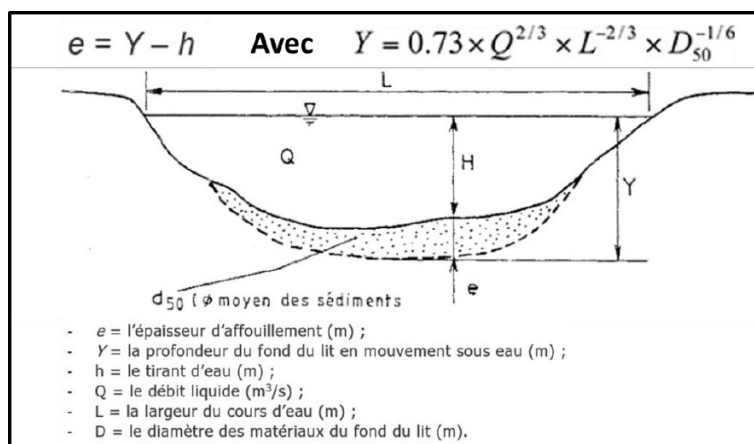
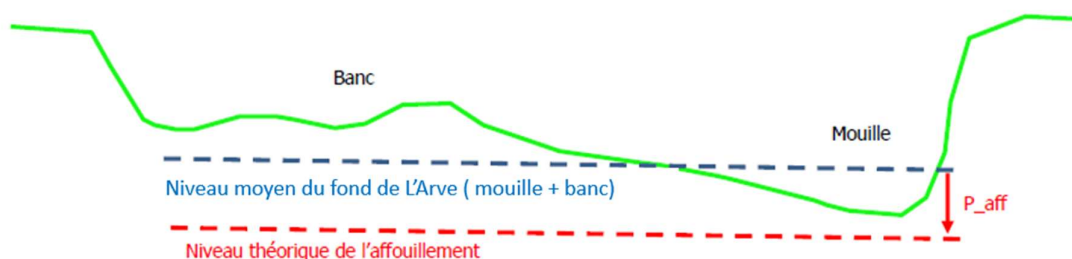


Figure 35 : Formule d'Izard et Bradley pour calculer la profondeur d'affouillement théorique

Pour une crue centennale, la profondeur d'affouillement théorique est estimée à **3.66 m** par rapport au fond du lit.

Le calcul de profondeur d'affouillement théorique se base sur le niveau moyen du fond du lit de l'Arve. Il est représenté de manière schématique sur le profil en travers suivant :



L'épaisseur du sabot, retenue à $3 \times D50$, soit **2.7m** ne couvre pas totalement le risque théorique d'affouillement. Cependant, l'analyse de l'évolution des fils d'eau de 1990 à janvier 2024, indique un approfondissement d'environ 1.2m sur 35 ans. A noter que la crue de 2023 a eu pour effet d'affouiller d'environ 50cm le lit de l'Arve en aval du pont SNCF (comparaison entre les Lidar de janvier 2024 et du Lidar de février 2020). **Ainsi, l'épaisseur du sabot retenu permet de couvrir le risque d'affouillement de la future berge de façon satisfaisante.**

Le profil en long du pied de berge respectera une pente constante sur l'ensemble du linéaire. Il correspond à la pente moyenne de la bathymétrie de 2025 et vérifié avec la ligne d'eau réalisé en 2024, c'est-à-dire une **pente de 0.61 %**.

4.2.4. Dimension du sabot anti-affouillement

Le sabot anti-affouillement adoptera la géométrie suivante :

Tableau 16: Caractéristiques du sabot

Dimension du sabot	Calcul	Arve
Diamètre nominal retenu	D50	0.90 m
Epaisseur carapace	$2 * D50$	1.80 m
Largeur du sabot en sommet	$4 * D50$	3.60 m
Épaisseur du sabot	$3 * D50$	2.70 m
Largeur du sabot en base	$2 * D50$	1.80 m

Le tableau suivant présente une comparaison entre l'altitude du fond du lit (données bathymétriques 2025) et le niveau de l'arase supérieure du sabot proposé.

Tableau 17 : Niveau d'arase supérieure du sabot par rapport au fond bathymétrique de l'Arve.

N° Profil	Abscisse (m)	Altitude du fond du lit - données bathymétriques 2025 (m NGF)	Niveau arase supérieure du sabot (m NGF)	Delta projet / Bathy 2025 (m)
13	57,39	516,38	515,84	-0,54
14	58,94	516,34	515,81	-0,53
15	60,87	516,31	515,79	-0,52
16	85,54	516,02	515,52	-0,50
17	87,96	515,49	515,49	-0,48
18	95,07	515,4	515,4	-0,49
19.1	129,24	514,86	514,86	-0,69
20	134,15	515,27	514,77	-0,50
28	158,1	514,83	514,28	-0,55
30	168,38	514,65	514,07	-0,58

Le sabot est implanté en déblai. Son calage altimétrique est fixé à partir du niveau bathymétrique de 2025. Il est calé **en moyenne à -0,5m** sous le niveau bathymétrique de 2025, tel que présenté sur les profils en travers présentés en annexe n°4.

4.2.5. Géotextile anti-contaminant et matériaux d'assise

En arrière de la protection de berge, nous préconisons la mise en place d'une couche de transition avec des matériaux 20/200 mm sur 30 cm d'épaisseur qui pourront être des matériaux du site criblés. La couche de transition permet un bon contact du géotextile avec le sol en tout point de la berge ainsi que la protection du géotextile anti-poinçonnement lors de la pose des enrochements (répartition des contraintes appliqués par les enrochements).

La mise en place d'une couche de transition au niveau du sabot n'est pas nécessaire.

En arrière de la couche de transition et au contact du sol support, nous préconisons la mise en place d'un géotextile anti-contaminant. Il jouera le rôle de filtre anti-contaminant à l'interface entre les matériaux en place et les enrochements pour limiter l'entraînement des fines entre les blocs. Il s'agira d'un géotextile certifié ASQUAL non tissé aiguilleté ou thermo lié. Le géotextile jouera le rôle de filtre pour limiter la migration de fines derrière les blocs.

Il s'agira d'un géotextile certifié ASQUAL non tissé aiguilleté.

Les géotextiles utilisés seront conformes à la norme NF EN 13 253 – Lutte contre l'érosion - protection côtière et revêtement de berge.

Il aura les caractéristiques minimales suivantes :

- **Caractéristiques descriptives**
 - Epaisseur nominale sous 2kpa (mm) NF EN ISO 9863-1 : ≥ 2 mm
 - Masse surfacique (g/m²) NF EN ISO 9864 : ≥ 300 g/m²
- **Caractéristiques Mécaniques**
 - Résistance à la traction (kN/m) NF EN ISO 10319
 - SP : ≥ 30 kN/m

- ST : ≥ 30 kN/
- Déformation à l'effort de traction maximale (%) NF EN ISO 10319
 - SP : $\geq 80\%$
 - ST : $\geq 70\%$
- Perforation dynamique (mm) NF EN ISO 13433 : ≤ 10 mm
- Poinçonnement (kN) NF G 38-019 : > 2 kN
- **Caractéristiques hydrauliques**
 - Perméabilité (m/s) NF EN ISO 11058 : $\geq 0,05$ m/s
 - Ouverture de filtration (μm) NF EN ISO 12956 : $> 70 \mu\text{m}$ et $\leq 100 \mu\text{m}$.

4.3. Dimensionnement des ouvrages en enrochements liés

Pour la solution technique retenue S2, le long de l'usine, le tronçon TB et TC du déversoir présentent un parement en enrochements liés. Pour les solutions S1 et S3, seul le secteur du déversoir TC est concerné.

En Synthèse, il est retenu :

- Épaisseur enrochements liés : 1.8m, blocométrie 400/2100 kg (Dn50 $\sim 0,90$ m), lié total,
- Sous-couche filtrante : géotextile anti-poinçonnement + filtre granulaire (30 cm).
- Évents $\varnothing 75$ –100 tous 2,5–3 m,
- Ancrages : tête, pied (sur le sabot existant), clés latérales + transition 3,0 m vers le parement en enrochements libres (côté A40).

4.4. Dimensionnement du mur en béton armé

La solution S3 propose sur le tronçon TB, secteur du projet fortement contraint en termes d'emprise, de rehausser le niveau de protection de la digue par la mise en place d'un mur en béton armé étanche.

Le mur présente une hauteur maximum de 2.1m vis-à-vis du terrain naturel.

Il a été envisagé soit la mise en place d'un mur en L préfabriqué, soit d'un mur coulé en place.

La solution coulée en place nécessite la mise en place d'un ouvrage poids, nécessitant nettement plus de largeur. Il est ainsi retenu un ouvrage coulé en place compatible avec les emprises disponibles.

Les caractéristiques retenues à l'AVP sont les suivantes :

- Hauteur maximum : 2.1 m
- Largeur maximum : 0.45m
- Fondation : épaisseur des fondations 0.50m ; profondeur minimum du radier / TN=1m

4.5. Dimensionnement de la revanche

Au droit des systèmes d'endiguements projetés de Gradel Baudin, les vitesses maximales atteintes en crue centennale sont variables de 0.50 m à 3.50 m/s. Ainsi, la charge hydraulique correspondante ($V^2/2g$) est donc au maximum de 65cm à proximité immédiate de la digue.

La modélisation de l'Arve à l'état projet montre la sensibilité de la ligne d'eau sur le secteur d'Oëx à d'éventuelles modifications du fond de l'Arve jusqu'à 200m en aval du pont de l'A40, pouvant être créées par des embâcles localisés au niveau des piles de pont et/ou des dépôts de matériaux en aval de celui-ci ; il est ainsi proposé de prendre en compte ces aléas et de retenir **1m de revanche** entre le niveau d'eau centennal et le niveau de la crête de digue.

Les études en phase PRO et EDD permettront d'éventuel ajustement du niveau acceptable de revanche, permettant de classer la digue comme système d'endiguement centennal, au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement (R.214-112 à R.214-114).

La revanche de 100cm permet :

- De caler le niveau de la digue au-dessus de la charge hydraulique maximum ;
- D'avoir une hauteur de déversement sur le déversoir de sécurité suffisante pour remplir sensiblement les casiers avant une surverse généralisée.

Le modèle hydraulique à l'état projet (S2 fond Haut) montre que pour la crue Q200, la hauteur d'eau sur le déversoir est variable de **5 à 15cm**.

La revanche de 100cm et le calage du déversoir à Q100+ 0.1m laisse ainsi, respectivement **75cm de hauteur libre pour la crue Q200**, entre le niveau d'eau et la crête de la digue.

4.6. Dimensionnement du déversoir

Le déversoir a été dimensionné suivant les principes suivants :

- Niveau de calage : au niveau de la crue centennale + 0.1m ;
- Hauteur : 90cm, assure une revanche minimum vis-à-vis de la crête de digue ;
- Largeur : adaptée pour permettre une mise en eau progressive et contrôlée du pied de digue afin de diminuer l'aléa de rupture de la digue par une mise en eau progressive de part et d'autre de la digue.

La largeur du déversoir a été estimée par modélisation. Son objectif est d'orienter les eaux de débordement en dehors des zones à enjeux, laisser le temps aux locaux d'évacuer le secteur et protéger la digue avec une mise en pression graduelle de celle-ci.

Lors des premiers débordements pour une **crue bicentenaire**, l'eau rentre dans la zone protégée par le déversoir et commence à inonder la zone de l'usine Gradel Baudin et des entrepôts à proximité.

A la pointe de la crue, environ 1 h15 plus tard, la route de la gare d'Oëx est inondée côté Nord, sur plus de 50cm d'eau ainsi qu'un bâtiment annexe de l'usine de coffrages. A environ 1h30, la partie ouest du bâtiment le plus proche (Gradel Baudin) est inondé, le pied de digue aval (coté terre) est mis en eau par le déversoir sur le secteur TC et TD. L'usine Gradel Baudin reste hors d'eau sur sa façade Sud/Est.

Les cartes d'inondations sont présentées sur les figures 48 et 49 de la note technique de la modélisation (annexe n°1).

Le déversoir, tel que dimensionné (largeur en base de 18m et hauteur de 90cm) permet d'alerter les riverains du phénomène de crue par un léger débordement autour du débit de la crue centennale et laisse environ 1h aux riverains situés à proximité pour évacuer le secteur. Le remplissage progressif

du casier côté usine permet de plus d'équilibrer les pressions de part et d'autre de la digue de façon continue, avec un écart de hauteur d'environ 2m entre les niveaux d'eau de part et d'autre de la digue.

4.7. Ressuyage des crues – système de vidange

Lors d'une crue de l'Arve dépassant le niveau centennal, les eaux débordées via le déversoir pourraient s'accumuler dans les zones protégées par la digue, sans possibilité de retour naturel vers le lit mineur. Dans ce cas, il peut être nécessaire de prévoir un dispositif de vidange du lit majeur lors de la phase de décrue.

Sur le secteur du projet, la pente du lit majeur oriente les écoulements vers le nord, le long du remblai autoroutier.

Le modèle hydraulique confirme bien l'écoulement des eaux le long de l'A40 vers le nord et il a été repéré lors des visites de terrain, la présence d'un fossé de drainage au nord de l'usine BG-TP.

A ce stade, il ne semble donc pas nécessaire d'ajouter un ouvrage de vidange traversant la digue de l'Arve – de type buses ou cadres – implantés aux points bas en pied d'ouvrage et équipés de clapets anti-retours afin d'éviter tout reflux.

Il s'agira dans la conception en phase PRO de favoriser le bon écoulement le long de la digue vers ce fossé de drainage (Figure 31) afin de confirmer le bon ressuyage de la zone inondée.



Figure 36: Fossé de drainage le long de l'A40 à l'aplomb de l'usine BG TP

4.8. Éléments constructifs généraux des digues en remblais

4.8.1. Matériaux

Les tronçons TA (raccordement sur le talus de la SNCF) et TD (raccordement sur le talus de l'A40) seront totalement réalisés à partir de matériaux de corps de remblai, majoritairement limoneux ou argileux (à préciser en phase PRO), dont la provenance sera définie en phase projet, en fonction des zones d'emprunt identifiées.

Ces matériaux devront présenter des caractéristiques géotechniques conformes, a minima, à celles indiquées dans le chapitre 4.11 et notamment une perméabilité inférieure ou égale à 5×10^{-6} m/s.

À ce stade, il est envisagé que les matériaux proviendront d'un stock d'entreprise, constitué de déblais issus de chantiers situés dans la vallée de l'Arve. En cas d'hétérogénéité significative des matériaux d'apport, un zonage fonctionnel de la digue devra être mis en œuvre : les matériaux les moins perméables (limons ou argiles) seront positionnés côté amont, tandis que les matériaux plus perméables seront réservés au parement aval.

Les transitions entre matériaux de natures différentes devront respecter les critères de filtrage (règles de Terzaghi ou de contrôle des rapports de tamis), ou à défaut, être assurées par la mise en place de géotextiles de séparation adaptés pour prévenir les risques d'érosion de contact.

Par ailleurs, à l'interface entre les enrochements (parement, sous-couche ou protection de pied par clef de drainage) et le remblai en terre, un géotextile filtrant anti-poinçonnement devra être systématiquement interposé afin d'éviter la migration de fines et assurer la stabilité à long terme de l'ouvrage.

4.8.2. Clef de drainage

L'Arve est une rivière torrentielle avec des crues rapides. Le risque d'érosion interne étant généralement considéré comme faible sur ce type de cours d'eau, il n'a pas été retenu la mise en place d'une clef de drainage.

4.8.3. Végétalisation

Toutes les parties de digue non minéralisées, seront au minimum enherbées.

A ce stade, il n'est pas envisagé la mise en place d'une végétation arbustive sur les talus des digues afin de ne pas créer de point de fragilité. Celle-ci est déconseillée pour garantir la pérennité des ouvrages, faciliter leur surveillance et éviter un entretien particulièrement contraignant.

Certaines espèces pourraient cependant être mises en place dans certains secteurs (particulièrement au niveau des digues en retrait de l'Arve), qui présente des vitesses d'écoulement faibles, sous condition que le tissu racinaire reste surfacique dans la terre végétale, que les espèces aient un développement contrôlable et la mise en place d'un protocole d'entretien drastique.

4.9. Bilan du risque inondation à l'état avant-projet

Les résultats de la modélisation à l'état projet confirme globalement le bon dimensionnement de la digue en termes de capacité hydraulique et des contraintes prises en compte pour le dimensionnement de celle-ci (niveaux d'eau et vitesses).

L'état projet et la comparaison entre l'état actuel et l'état projet est présenté au chapitre 6.2 de la note technique modélisation (annexe 1).

4.10. Points spécifiques

Il a été noté les points spécifiques suivants, à prendre en compte dans le cadre des travaux :

- Fonctionnement 24/24 de l'usine Gradel Baudin ;
- Interface directe avec le talus SNCF (application des prescriptions spécifiques SNCF et des éléments de la convention) ;
- Rétablissement des écoulements de l'aqueduc traversant sous la voie ferrée SNCF
- Ecoulements d'assainissement pluvial en provenance de l'A40 (ATMB)

Au niveau du raccordement amont, les travaux de la digue rive droite à l'aval du pont de la SNCF se raccorderont sur le talus ferroviaire. Le raccordement amont a été décalé à distance de l'Arve afin de tenir compte de la présence d'un aqueduc traversant la VF et s'écoulant vers l'Arve.

Au niveau du raccordement aval, les travaux de la digue rive droite à l'amont du pont de l'A40 se raccorderont sur le talus autoroutier. Le raccordement aval a été décalé à distance suffisante du tablier du pont afin de tenir compte de la l'accès d'entretien de l'ATMB vers le tablier du pont.

De plus, l'emprise de la digue est totalement implantée du côté du foncier de l'ATMB et il a été conservé une largeur suffisante entre l'entreprise TP et le pied de la digue afin de conserver un accès routier.

Ces points spécifiques feront l'objet d'une analyse détaillée en phase PRO.

4.11. Vérification de la stabilité géotechnique

Ce chapitre synthétise les hypothèses et résultats de stabilité géotechnique du rapport RP14296 – « Confortement de la digue d'Oëx à Magland – Étude géotechnique de conception G2AVP ». Elle renvoie systématiquement au rapport complet (Cf. Annexe 3).

4.11.1. Contexte géotechnique

Le contexte géologique est le suivant :

- Géologie : limite entre cône de déjection vif (Jz) au nord (RD de l'Arve) et alluvions fluviales/torrentielles récentes (Fz) au sud.
- Hydrogéologie : présence de la nappe d'accompagnement de l'Arve au droit du projet.
- Risques naturels & réglementation : aléa inondation « fort », PPR approuvé le 27/09/2016 ; secteur en zone réglementaire 90/Xt (prescriptions fortes, inconstructible). Sismicité de zone 4 (moyenne). Potentiel radon cat. 2. Glissements présents dans le secteur.

4.11.2. Investigations et données disponibles

Le tableau ci-dessous liste les reconnaissances qui ont été réalisées en crête de digue et en pied de digue lors du diagnostic géotechnique (mission de type G2AVP) de juin à septembre 2025 (SAGE Géotechnique, maîtrise d'œuvre HYDRETUDES) afin d'établir les recommandations géotechniques pour le dimensionnement des travaux (stabilité des digues au glissement, au phénomène d'érosion interne, externe, réutilisation des matériaux...).

Investigation	Profondeur / implantation	Observations clés	Niveau d'eau
Sondage caroté : SC1 (sondage)	0–4 m ; 4–10 m ; >10 m (alt. terrain)	0–4 m : remblais de digue (sables fins à moyens brun-gris, légèrement graveleux) ; 4–10 m : sables grossiers graveleux gris ; >10 m : sables moyens à grossiers gravelo-limoneux beige-brun	NE = 4,10 m (relevé 09/02/2018)
Sondage caroté : SC2 (sondage)	0–5 m ; 5–11 m ; >11 m (alt. terrain)	0–5 m : remblais de digue (sables fins à grossiers, graveleux en profondeur) ; 5–11 m : sables grossiers à galets gris foncé ; >11 m : sables moyens à grossiers graveleux gris	aucun niveau relevé
SP1 (sondage pressiométrique, destructif)	15 m (alt. TN)	Essais pressiométriques PI^* / Em par horizons	niveau de nappe de 2,5m/TN
SP2 (sondage pressiométrique, destructif)	15 m (alt. TN)	Essais pressiométriques PI^* / Em par horizons	niveau de nappe de 3,5 m/TN
PE1 (profil géophysique)	≈0–12 m	2–5 m : 2000–10000 $\Omega \cdot m$ (remblais) ; 2/5–6/12 m : 500–700 $\Omega \cdot m$ (sables grossiers) ; au-delà : 200–500 $\Omega \cdot m$ (sables moyens à grossiers graveleux) ; Profil de tomographie électrique	—
Essais de perméabilité (LEFRANC)	5,0 - 6,5 - 9,5 m/TN (alt. TN)	-5,0 m/TN : 2,40E-05 m/s -6,5 m/TN : 3,8-05 m/s -9,5 m/TN : 5,60E-05 m/s	—
Essais laboratoire (classifications GTR)	2,5 – 3,5 - 6,5 – 7,5 m (alt. TN)	-2,5 m/TN : I1 -3,5m/TN : G3 -6,5 m/TN : G3 - 7,5 m/TN : G1	—

Ci-dessous, la synthèse géotechnique des reconnaissances sous forme de tableau :

Formation		Profondeur de la base	Classe GTR (NF EN16 907-2)	Perméabilité K [m/s]	Pression limite Pl* (MPa)*	c (kPa)*	φ (°)*
1	Remblais peu compact	-2,0 / 5,5 m/TA	I1 ; G3 ; ... **	6 ^E -4	0,6	0	30
2	Sable grossier graveleux compact	-7,5 m/TA	G3 ; G1	5 ^E -5	3,4	0	32
3	Sable grossier graveleux peu compact	10,0 / 12,0 m/TA	G1	6 ^E -5	1,1	0	32
4	Sable moyen à grossier	> 15,0 m/TA	-	-	3,1	0	32
4bis	Sable moyen à grossier	> 15,0 m/TA	-	-	0,4	0	32

* : Ces caractéristiques ont été estimées à partir de notre expérience, des résultats des investigations géotechniques et d'un calcul à rebours par abaque de Taylor Biarez. Ces valeurs sont des estimations sécuritaires et prudentes.

** : Remblais de digues de natures hétérogènes. Les identifications GTR ne nous permettent pas d'identifier l'intégralité des natures de remblais en place.

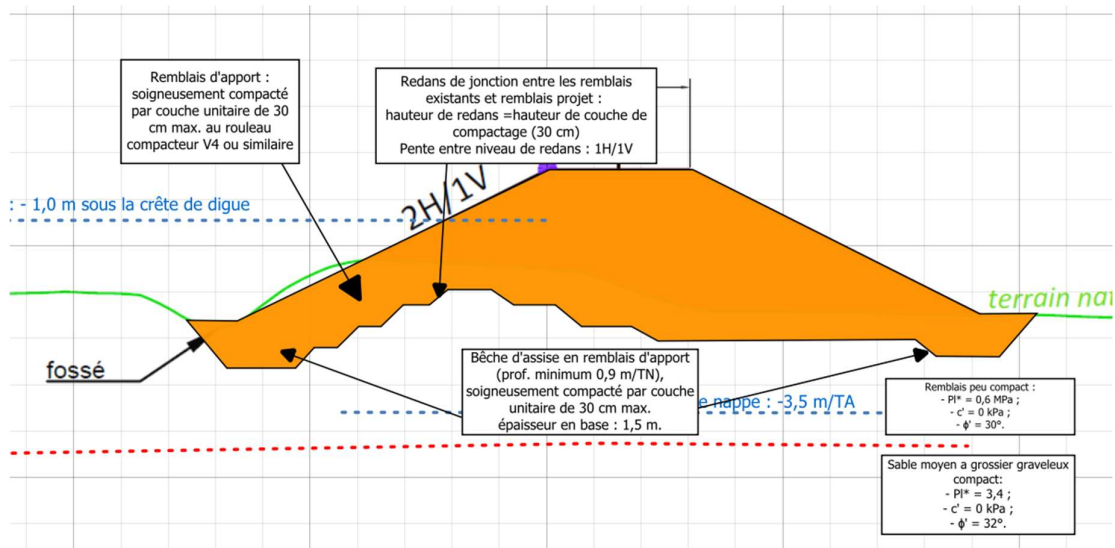
Nota : Ces données récentes viennent en complément des Reconnaissances antérieures par Hydrogéotechnique Sud-Est (2018).

4.11.3. Digue Amont et Aval

Les digues amont et aval seront réalisées en remblais d'apports. Ci-dessous, la synthèse de l'étude réalisée par le bureau d'études SAGE sur le profil le plus défavorable

4.11.3.1. Profil de calculs

Le profil de calcul correspond à la coupe type de la digue en remblais, choisie comme section représentative et la plus sollicitée au regard des conditions hydrauliques et géométriques.



4.11.3.2. Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques prises en compte dans les calculs pour modéliser le profil de digue sont résumées dans le tableau ci-dessous.

N°sol	Matériaux	Poids volumique g (kN/m ³)	Angle de frottement f' (°)	Cohésion C' (kPa)
1	Remblais peu compacts	19	30	0
2	Sable grossier graveleux compact	19	32	0
3	Remblais de digue compactés (EXE)	19	35	1-2

4.11.4. Niveaux d'eau

Les calculs sont effectués en considérant un niveau de crue centennale 1,0 m sous la crête de digue.

4.11.5. Méthode de calcul

Les calculs effectués dans le cadre de l'analyse de la stabilité vis-à-vis des risques de glissement sont basés sur la prise en compte de surfaces de ruptures circulaires.

Les calculs sont réalisés avec le logiciel TALREN v6. Les ruptures modélisées sont calculées selon la méthode de BISHOP.

Les coefficients du CFBR, issus des recommandations pour la justification des barrages et digues en remblais édités par le Comité Français des Barrages et Réservoirs. Les coefficients de sécurité partiels correspondant sont rappelés dans le tableau suivant.

Situations	Coefficient partiel γ_m sur c' et $\tan \varphi'$	Coefficient partiel γ_m sur le poids volumique	Coefficient de modèle γ_d
normale d'exploitation	1,25	1	1,2
rare de crue	1,2	1	1,2
transitoire ou rare	1,1	1	1,2
exceptionnelle de crue (PHE)	1,1	1	1,2
extrêmes de crue, sismique ou autres	1	1	1,1

4.11.6. Hypothèses sous sollicitations sismiques

La digue de Gradel Baudin à Oex est en **zone de sismicité 4** selon le décret n° 1254 du 22 octobre 2010. Conformément aux recommandations du CFBR, une vérification au séisme en condition normal d'exploitation est réalisée.

Les accélérations horizontale et verticale utilisées sont les suivantes :

- Accélération horizontale de 0,147g ;
- Accélération verticale de 0,073g.

Les combinaisons $kH \pm kV$ sont considérées.

4.11.7. Résultats

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Le coefficient minimum recherché est égal à 1. La stabilité est vérifiée pour tous les cas étudiés (Facteurs de sécurité minimaux (F_{min}) ≥ 1) (Cf. RP14296, Annexe 6).

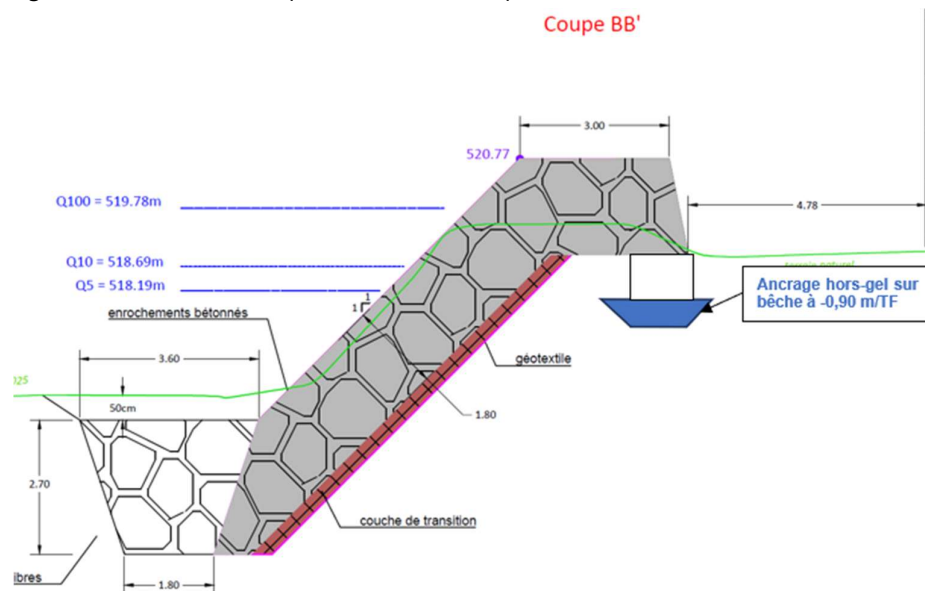
Localisation	Situation	Combinaison	F_min
Côté Arve	Courante (NE)	Normale d'exploitation	1,09
	Sismique	Extrême (séisme)	1,09
	Décrue	Rare (décrue)	1,07
Côté terre	Courante (NE)	Normale d'exploitation	1,11
	Sismique	Extrême (séisme)	1,11
	Crue	Rare (Q100)	1,18

→ Conclusion : **La stabilité du talus de berge est vérifiée dans toutes les situations, en considérant les hypothèses énoncées précédemment.**

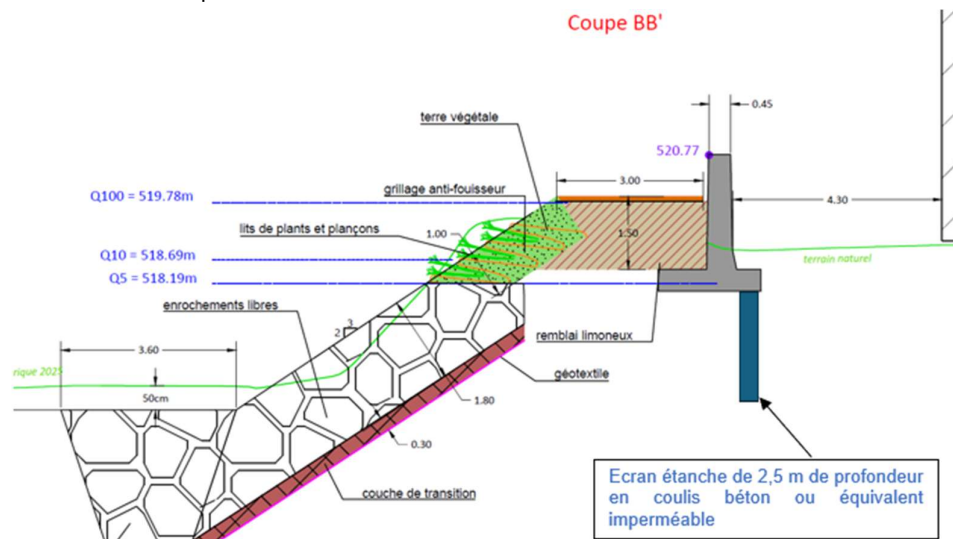
4.11.1. Dispositions constructives préconisées pour la réhausse de la digue existante

Le bureau d'étude SAGE a étudié la faisabilité des solutions de réhausse de digue proposée. Cette étude mis en évidence certaines dispositions constructives à apporter au projet, les principales sont détaillées ci-dessous :

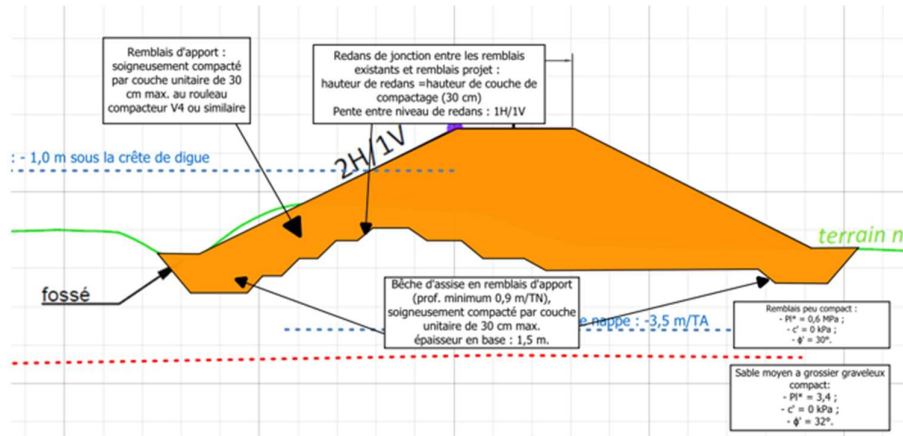
1. La mise en place d'une bêche d'assise sous le mur en enrochements maçonnés dans la solution n°2, côtés usine de Gradel Baudin, dans le but de fonder l'ouvrage à la profondeur hors-gel (-0,90 m/TF). Une représentation est disponible ci-dessous :



2. La création d'un écran étanche de 2,5 m de profondeur sous le mur en béton armé de la solution n°3 pour allonger le chemin hydraulique et éliminer les risques d'érosion interne. Ci-dessous une représentation de la solution :



3. La création des digues amont et aval selon un principe de redans permettant de suivre le terrain naturel. Cela limitera les terrassements ainsi que les volumes de déblais et de remblais d'apport. La coupe de principe des travaux est la suivante :



Nota : Les solutions de réhausse de la digue sont justifiables en prenant en compte les modifications présentées ci-dessus. Les calculs détaillés seront réalisés en phase G2 PRO une fois la solution de réhausse retenue par la maîtrise d'ouvrage.

4.11.2. Points en suspens à préciser en G2PRO

En absence des résultats des essais du laboratoire, les points suivants seront à compléter en G2PRO :

- Raccordements de la digue : aux talus SNCF (amont) et ATMB (aval) en redans avec continuité de perméabilité.

4.12. Mesures environnementales

Les inventaires 4 saisons ont permis de réaliser un diagnostic écologique. Le rapport du bureau d'étude SYSTEMIC comprend la synthèse des données existantes, les résultats des inventaires et l'analyse écologique et fonctionnelle du site (Cf. annexe n°2).

L'impact potentiel des travaux sur les enjeux écologiques sont présentés au chapitre 2.5.

Il sera détaillé en phase PRO, sur la base de la solution technique retenue, les mesures de protection mise en place en phase chantier vis-à-vis :

- Des plantes patrimoniales (sélaginelle) ;
- De la faune présente sur site (vipère Aspic, Serin Cini, castor d'Europe...) ;
- Des habitats aquatiques et la préservation des enjeux piscicoles ;
- De la lutte contre la dissémination des espèces exotiques envahissantes.

5. Gestion du chantier – zone d'installation et accès

5.1. Mode opératoire prévisionnel des travaux

La reconstruction de la digue implique une mobilisation des emprises de part et d'autre de leurs implantations ainsi que des voiries adjacentes.

Elle impose également la mise en place d'un chenal de dérivation provisoire en rive gauche des eaux de l'Arve durant toute la réalisation des travaux. Les travaux devront nécessairement être menés durant des régimes d'étiage de l'Arve pour en faciliter la gestion des eaux.

Pour les aménagements de la digue, ils seront réalisés par plots successifs d'une cinquantaine de mètres. Le principe de dérivation comprend la mise en place d'un batardeau en matériaux du site, implanté de tel sorte à conserver un chenal de dérivation de l'Arve dimensionné pour la crue biennale.

5.2. Accès et base vie

Les travaux seront réalisés en utilisant les divers chemins carrossables présents à proximité du chantier, au minimum une rampe d'accès temporaires au lit sera à créer dans le cadre du chantier.

Les travaux de terrassement se feront essentiellement par la rue de la gare d'Oëx. Il n'existe pas d'accès depuis la rive gauche entre l'A40 et la voie ferrée. Il existe uniquement des chemins de digue en rive droite et en rive gauche en aval du pont de l'A40.

Il sera détaillé au PRO les axes de circulation privilégiés en phase chantier ainsi que les zones de base vie et de stockage. Une zone de stockage est potentiellement envisageable au nord de la parcelle de l'usine Gradel Baudin. La base vie pourrait être située à proximité. Il est de plus envisagé de créer un accès temporaire pour l'entreprise via la parcelle n°2775.

En phase de préparation de chantier, l'entreprise proposera le chemin d'accès au chantier le plus adéquat en fonction du matériel qui sera utilisé, en accord au préalable avec le ou les propriétaires des terrains.

Les travaux de libération des emprises (débroussaillage, abattage, dessouchage et suppression des espèces invasives) seront réalisés de septembre à décembre pour limiter les impacts sur la faune terrestre et notamment les oiseaux.

Les nuisances en phase chantier sont potentiellement sonores, vibratoires (particulièrement importante si solution palplanches), poussière, circulation d'engins. Les travaux auront lieu en semaine, de 7h à 17h (en fonction des saisons).

Concernant les nuisances vibratoires liées à la mise en place des palplanches, le choix de cette solution impliquera la mise en place des boîtiers de contrôle des vibrations au droit des habitations pour contrôler que l'on se trouve sous les seuils de vibrations autorisés.

Le plan suivant présente de façon indicative la localisation des principaux aménagements nécessaires à la phase travaux.

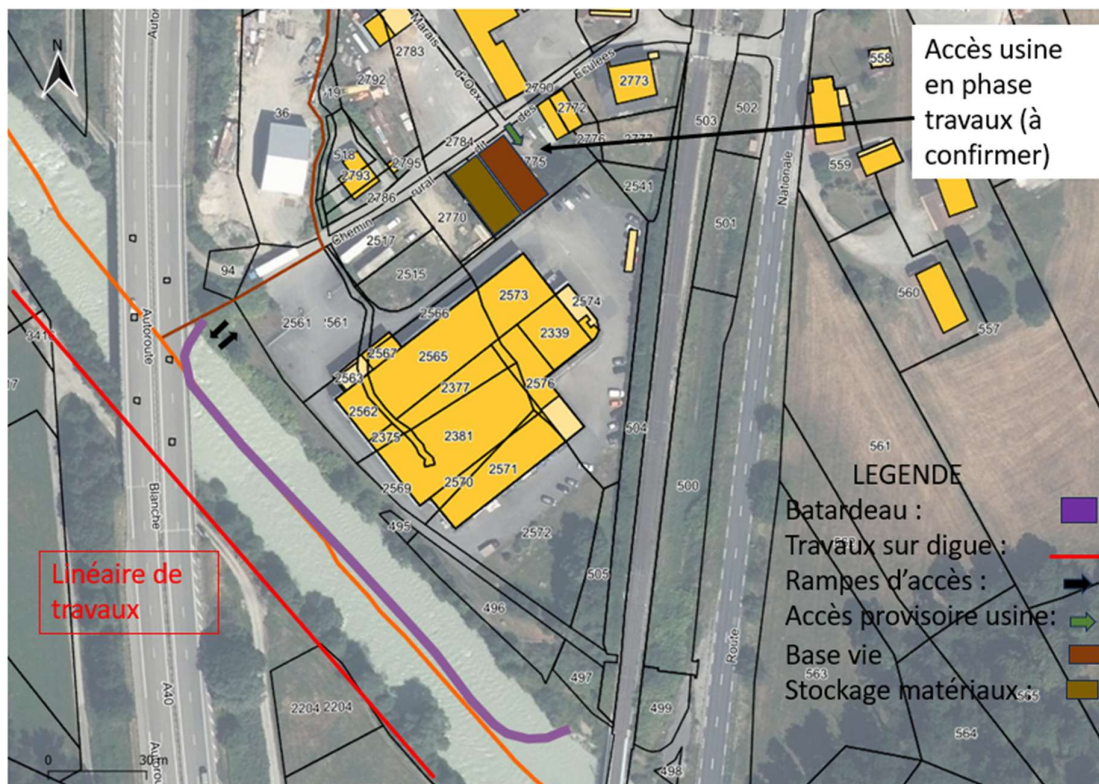


Figure 37 : Phase travaux – aménagements principaux en phase travaux

5.3. Dérivation et batardeaux

Les travaux en lit mineur nécessiteront de mettre en place un batardeau et une piste de chantier à l'intérieur du lit, qui permettront de travailler à sec à l'avancement. Ceci implique la réduction de la section hydraulique utile du lit mineur. Cependant, le batardeau étant constitué par des matériaux fusibles : ils s'effaceraient en cas de crue et ne génèreraient pas d'aggravation du risque.

Pour des questions de facilité de mise en œuvre et de limitation des risques hydrauliques, les travaux seront réalisés uniquement pendant la période de basses eaux, en fin d'automne et en hiver. Celle-ci coïncide avec la période de fraie des salmonidés (hiver). Pour limiter l'impact sur la faune piscicole, il sera suivi les principes suivants :

- Les batardeaux / pistes de chantier ne pourront pas être montés et démontés hors période de reproduction. En conséquence, une demande de dérogation sera déposée ;
- Leur réalisation sera accompagnée par des pêches électriques pour éviter toute mortalité.

La figure suivante présente le profil type de l'Arve en phase travaux avec la mise en place de la dérivation provisoire en rive gauche et la mise à sec de la berge en rive droite par la mise en place d'un batardeau.

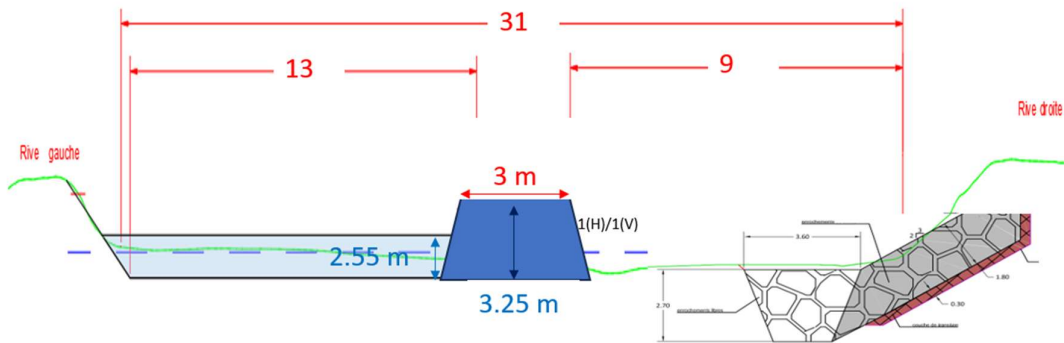


Figure 38 : Profil en travers de principe du lit mineur en phase travaux avec implantation du batardeau

A noter que les travaux avec réfection de berge nécessitant la dérivation provisoire de l'Arve ne concernent que les tronçons TB et TC. En effet, les travaux des prolongations de la digue en amont vers le talus ferroviaire et en aval du déversoir vers le talus de l'A40 seront réalisés hors lit mineur depuis la rive droite.

Il sera analysé en phase PRO en détail le volume de matériaux nécessaire pour réaliser le batardeau. En phase AVP, il n'est pas prévu d'apport extérieur de matériaux pour réaliser le batardeau. Le chenal de dérivation pourra être surcreusé au maximum de 0,5m en lien avec la présence des fondations des ponts de part et d'autre du projet afin de générer les matériaux nécessaires au batardeau.

5.3.1. Pré-dimensionnement du batardeau

Un prédimensionnement chenal de dérivation à terrasser au sein du banc et du batardeau associé a été réalisé. La cote de protection du batardeau a été déterminée en prenant en compte une crue biennale (débit $Q_2 = 144 \text{ m}^3/\text{s}$), avec une revanche minimum de 50 cm par rapport à la ligne d'eau. Il s'agit ici d'un prédimensionnement effectué par application de la formule de Manning Strickler.

Le chenal de dérivation présente les caractéristiques suivantes :

- Largeur en base : 13 m
- Coefficient de rugosité : $K_s = 30$
- Pente : 0.61 %

Il pourra être proposé en phase chantier le creusement du chenal de dérivation au sein du fond du lit en rive gauche sur une profondeur maximum de 1m par rapport au fond bathymétrique 2025

Les matériaux de déblais du chenal pourront être mis directement en remblais en vue de la création du batardeau et pour aménager la zone de chantier. Ces matériaux seront complétés par ceux du banc existant actuellement en rive droite le long de la zone de chantier qui seront terrassés en déblai lors de la mise en œuvre du sabot. Le batardeau sera connecté à la rive droite de tel sorte à favoriser la dérivation des eaux de l'Arve en rive gauche, en aval du pont SNCF.

Les dimensions du batardeau minimum sont les suivantes :

- ➔ Section estimée 18.6 m^2 (hauteur de 3.1m, largeur en crête de 3m et pente de 1/1).

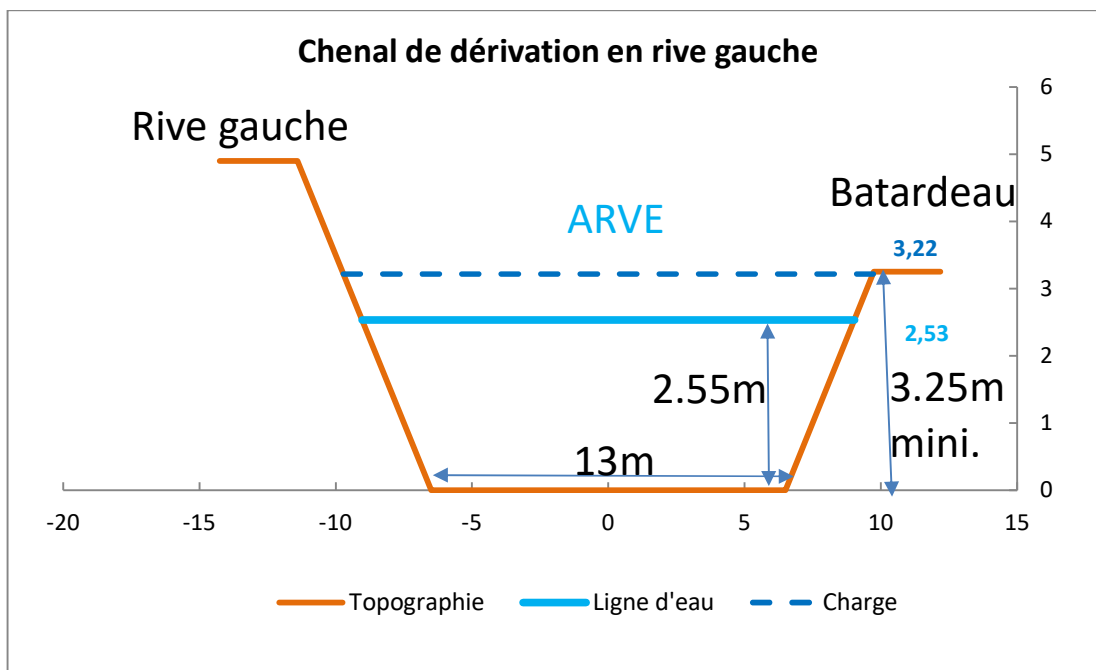


Figure 39 : Niveaux d'eau dans la dérivation de l'Arve en rive gauche pour Q2

5.4. Gestion des déblais / remblais

5.4.1. Production de matériaux 20/200 mm

5.4.1.1. Besoins en matériaux 20/200mm

Le volume de matériaux 20/200 mm, produit par criblage sera utilisé pour les usages suivants :

- Volume n°1 : La couche de transition en 20/200 mm, située à l'interface entre le géotextile et les enrochements libres (**V=375 m³**) ;
- Volume n°2 : Le comblement en cas de mauvaise tenue des talus ou hors-profils.

Afin de tenir compte des retours d'expérience de l'ensemble des opérations et travaux similaires sur l'Arve, il est estimé un volume de hors-profil de l'ordre de 2 m³/ml. Le volume associé est estimé à **V= 242 m³**.

Au total, dans le cadre de cette opération, le volume total de matériaux drainant 20mm/200mm nécessaire est estimé à **V=617 m³**.

5.4.1.2. Production des matériaux 20/200mm

Les matériaux drainants utilisés seront issus d'un criblage des matériaux du site de manière à en faire ressortir la fraction 20/200 mm nécessaire.

Au regard du retour d'expérience sur les précédents chantiers conduits, sur des rivières similaires à l'Arve, le taux de refus moyen à 20 mm est de l'ordre de 45 %. En conséquence, il **sera nécessaire de cribler un volume de 1371 m³ de matériaux graveleux du lit de l'Arve** afin d'assurer la fourniture du volume de total de **617 m³** de matériaux drainants (20/200 mm).

Les matériaux graveleux présents sur site seront mis à profit pour le criblage. Ils pourront provenir :

- Des déblais générés par les terrassements du sabot anti affouillement (847 m³)
- Des fosses d'emprunt pour l'enfouissement des matériaux contaminés (524 m³),
- Des déblais générés lors de la réalisation du chenal de dérivation – à définir au PRO

5.4.2. Gestion des matériaux fins

5.4.2.1. Synthèse des volumes de matériaux fins à gérer

La réalisation du chantier va conduire à devoir gérer les volumes de matériaux « fins » correspondant aux refus de criblage constitué par la fraction 0/20 mm (754m³) ;

5.4.2.2. Comblement des fosses d'emprunt

Afin de limiter les flux de camions associés à la gestion des matériaux, le volume de remblai sera au maximum géré dans l'enceinte du lit endigué de l'Arve. Il sera en premier lieu utilisé les matériaux contaminés pour combler les fosses d'emprunt puis les refus de criblage (matériaux 0/20 mm) afin d'assurer le comblement des fosses d'emprunt qui ont été terrassées pour la production des matériaux 20/200 mm.

Le volume de déblai est déterminé de manière à gérer le maximum de matériaux sur site.

Le volume de la fosse d'emprunt à réaliser pour compléter les déblais générés par le terrassement des sabots est au minimum de 524 m³. Au regard de la configuration du site, ce volume de fosse semble réalisable dans l'emprise du batardeau (surface comprise entre 174 et 220 m²).

En priorité, ce sont une partie des matériaux « fins » contaminés qui contiennent de la renouée du Japon qui serviront à combler la / les fosses d'emprunt (estimés à 400 m³). Ils seront complétés par les refus du criblage sain.

Ces matériaux « fins » seront déversés au sein de la fosse noyée du fait de la nappe d'accompagnement de l'Arve, ce qui permettra d'immerger totalement les matériaux contaminés.

Les matériaux seront remblayés avec des graves saines sur une hauteur comprise entre 0.70 et 1m, de manière à confiner totalement les espèces invasives au sein de la fosse.

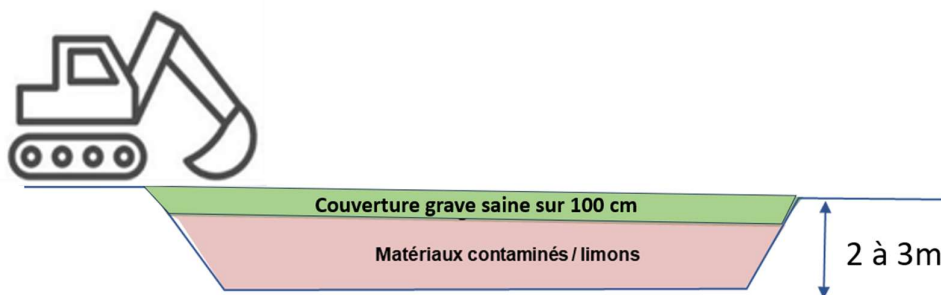


Figure 40: Gestion des matériaux contaminés dans les fosses d'emprunt

En considérant un volume de 524 m³ de fosse, ce mode de gestion permet la gestion de 400 m³ de matériaux contaminés et la réutilisation sur site de 300 m³ de matériaux sains.

5.4.2.3. Remodelage des matériaux excédentaires

Les travaux de terrassement induit par le chantier (reliquat de criblage, déblais pour la réalisation des ouvrages, etc.) conduisent à un excédent de matériaux graveleux.

Ce volume est estimé à 5 713 m³ (cf. mouvement des terres).

Ces matériaux seront remblayés sur site (remblai sur sabot, régalage dans le lit vif) dont la cote ne dépassera pas le niveau du fil d'eau LIDAR 2024 (tolérance +/- 25 cm).

5.4.3. Gestion des matériaux contenant de la renouée du Japon

Les inventaires de d'ECOSYSTEMIC et la visite de terrain ont permis de constater la présence de la renouée du Japon sur la zone aval du projet.



Figure 41 : Photographie du site – renouée du Japon (2025)

La Renouée du Japon est largement présente sur le linéaire aval du projet au niveau des tronçons TC et TD.

Afin d'éviter toute contamination, l'ensemble des déblais issus des zones infestées devra faire l'objet d'un traitement spécifique. Les travaux comprendront le balisage du site afin d'éviter toutes

interactions d'engins avec les matériaux contaminés, puis l'arrachage des parties aériennes et l'évacuation des matériaux contaminés associés. La coupe des parties aériennes se fera en période de repos des végétaux pour limiter les disséminations de semences puis les parties souterraines seront arrachées.

L'objectif est d'éradiquer l'ensemble des massifs présent sur l'emprise des travaux et de réduire au maximum leur dissémination au cours des terrassements.

Les déblais contaminés par la Renouée pourront être gérés selon l'une des modalités suivantes :

- Traitement sur site par criblage et séparation des fractions racinaires ;
- Export vers un centre agréé pour le traitement des terres polluées ou végétaux invasifs ;
- Enfouissement contrôlé sous le sabot de la protection en enrochements ou dans les fosses d'emprunt ou dans une zone autorisée.

5.5. Métrés principaux de la solution S2

→ Terrassement en remblai des tronçons TA et TD :

- **Volume brut – calcul COVADIS : 2195 m³**

Marge : 10 %

- **Volume retenu – AVP : 2415 m³**

→ Terrassement en déblais :

Le volume mentionné correspond aux terrassements en déblais nécessaires pour la réalisation de la protection (sabot + assise de la protection) à effectuer dans des matériaux mixtes graveleux et limoneux avec suivant les secteurs des blocs d'enrochement de dimension variable. À noter que le levé bathymétrique de juin 2025 ne couvre pas toute la surface du lit notamment en pied de berge, à la jonction entre la berge et le fond de l'Arve. Par conséquent, il a été pris en compte un petit reliquat de bourrelet limoneux en pied de digue de 15 m³ et un volume de 2m³/ML de « Hors profil » en cas de surprise lors des terrassements de la digue existante.

- **Volume brut – calcul COVADIS : 5 910 m³**

Marge : 10 %

- **Volume retenu – AVP : 6 500 m³**

→ Enrochements :

- **Volume net estimé à partir des plans AVP : 1475 m³ libres et 2304 m³ de liés béton**

Marge : 7 %

- **Volume estimé – AVP : 1580 m³ en libre et 2460 m³ liés béton**

→ Géotextile anti-contaminant :

- **Surface nette estimée à partir des plans AVP : 1314 m²**

Marge : 30 %

- **Surface estimée – AVP : 1710 m²**

→ Remblais à gérer sur site :

L'intégralité des déblais graveleux excédentaires générés par les terrassements des ouvrages sera gérée sur site (remblai sur sabot, régalage dans le lit vif) à l'exception d'une partie des remblais contaminés qui par manque de volume disponible sur place sera évacué hors site.

Le volume de remblais à remodeler sur site est estimé à environ 5 790 m³.

5.6. Mouvement des terres

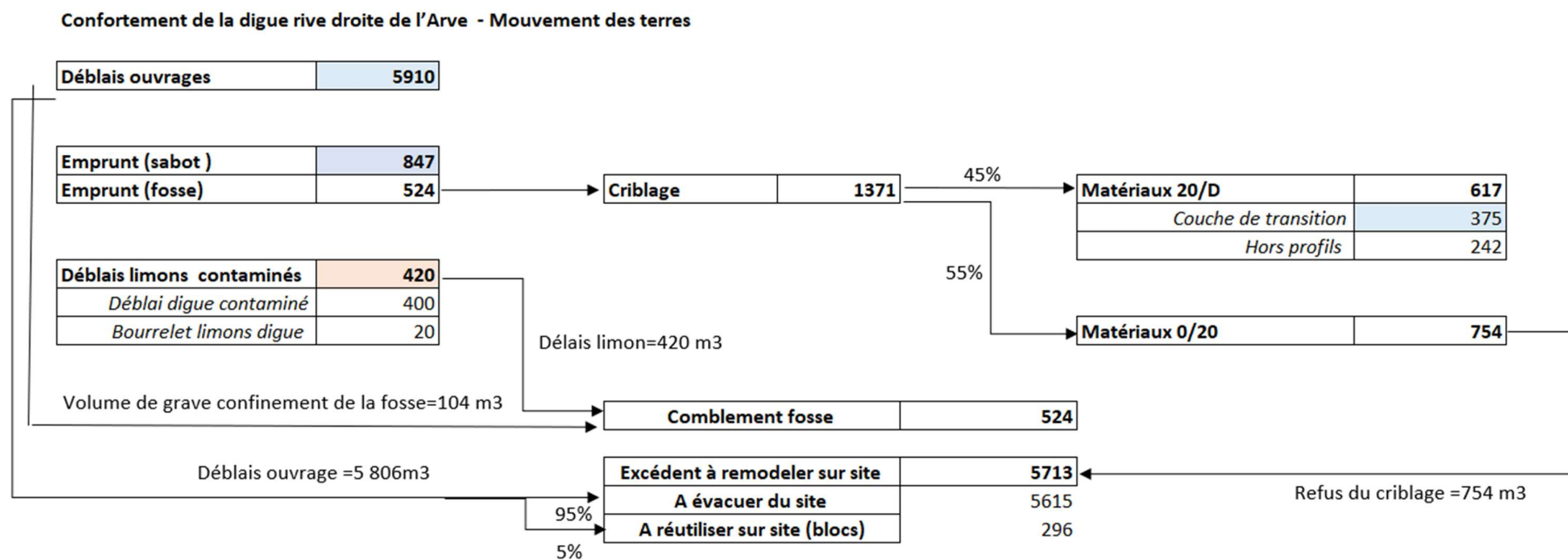


Figure 42 : Mouvement des terres prévisionnel appliqué à la présente opération pour la solution S2

5.7. Planning prévisionnel des travaux

Le planning présenté ne prend pas en compte les délais nécessaires aux éventuels acquisitions foncières des emprises ou mise en disponibilité de celles-ci.

De façon similaire, il ne prend pas en compte le délai nécessaire à la mise en place des conventions :

- Avec l'entreprise Gradel Baudin et autres entreprises de la zone de travaux : pour les accès en phase chantier et les installations de chantier ;
- Avec la SNCF : Interface avec le talus ferroviaire, du fait de son intégration au système d'endiguement.

Le planning distingue d'une part les phases d'études, et d'autre part les phases de préparation et d'exécution de travaux.

Entre les deux, les délais associés aux procédures d'instruction de la demande d'autorisation réglementaire restent à confirmer.

Il devra être attendu le retour officiel de la procédure « Cas par Cas », prévu d'ici la fin 2025 afin de confirmer la nécessité de réalisation d'un dossier CNPN.

Il sera respecté le calendrier écologique des espèces faunistiques pour le débroussaillage des formations arbustives (avifaune), pour le démontage de la digue actuelle (reptile) et, pour les travaux de terrassement des sédiments fins (poissons et amphibiens).

Afin de limiter les perturbations sur le milieu naturel, les travaux seront effectués en période automnale et hivernale : de septembre à fin mars. Les travaux seront principalement menés en période d'étiage, en dehors de la période de fonte nivale. Sauf contraintes spécifique de l'usine non connue à ce jour, aucune opération de travaux ne devra être réalisée en période nocturne.

La durée des travaux est estimée à environ **5-6 mois**. On comptera une période supplémentaire de préparation de chantier d'a minima 1 mois et à l'idéal de 2 mois (cf. sujet géotechnique à consolider par la G3). Les travaux devront être effectués en période de basses eaux, avec une intervention en lit mineur réalisée dans la période du 30 octobre de l'année 2026 au 31 mars de l'année 2027 (principe d'une dérogation de la DDT74).

6. DEMARCHES OPERATIONNELLES

6.1. Cadre réglementaire et procédures

L'étude réglementaire comprend :

- Une demande d'étude au cas par cas ;
- Un dossier d'autorisation environnementale ;
- Un dossier CNPN. En effet, le projet impacte des habitats d'espèces protégées (serpent aspic et le Sérin Cini) ainsi que des espèces végétales protégées (Sélaginelle) pour lesquels des mesures de compensation devront être mises en place pour limiter les effets du projet sur ces espèces.

A l'issue de cette phase d'étude, la réalisation d'un dossier de « porté à connaissance » permettra, dans la continuité des échanges effectuées avec les services de l'état, de connaître les attentes et la traduction réglementaire associé au projet.

En lien avec la loi sur l'eau, le dossier de « cas par cas » déposé, pourra porter sur certaines des rubriques présentées ci-après.

- Rubrique 3110 :** installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à la continuité écologique et entraînant une différence de niveau inférieure à 50 cm entre l'amont et l'aval de l'ouvrage
- Rubrique 3120 :** installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau, sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m
- Rubrique 3130 :** installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité du cours d'eau, sur une longueur inférieure à 100 m
- Rubrique 3140 :** consolidation ou protection de berges par des techniques autres que végétales vivantes, sur une longueur inférieure à 200 m
- Rubrique 3150 :** installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole des crustacés et des batraciens (surface de frayères inférieure à 200 m²)
- Rubrique 3210 :** entretien de cours d'eau ou de canaux, le volume annuel des sédiments extraits étant inférieur ou égal à 2000 m³/an

Tableau 18 : Rubriques de la loi sur l'eau, extrait DDT74

6.2. Stratégie foncière

Les travaux concernent plusieurs parcelles privées (Cf. chapitre 2.4.3), qu'il conviendra d'identifier avant la phase travaux, nécessitant la réalisation d'accords avant toutes interventions sur site. Une convention d'occupation éventuellement définitive ou temporaire pour droit de passage et de travaux sera à réaliser par le Maître d'Ouvrage, avec chacun des propriétaires concernés sur l'ensemble du linéaire des travaux.

6.3. Incertitudes

Les principales incertitudes à ce stade de l'étude concernent la nature des matériaux de la digue existante ainsi que la gestion des matériaux en phase chantier : réutilisation possible, taux de valorisation, évacuation des matériaux excédentaires, volume des matériaux contaminés.... Il est attendu les essais de laboratoire permettant de confirmer les risques d'érosion interne.

L'hypothèse retenue à ce stade pour la solution S2 et S3, est le démontage de la totalité de la digue actuelle et un taux de réutilisation des volumes de déblai de 5%.

Il y a nettement une incidence sur le coût de l'opération vis-à-vis de ces incertitudes.

Les résultats des investigations géotechniques et/ou retours d'expériences (travaux sur l'Arve) pourront permettre en phase PRO, de préciser la nature des terrains et les hypothèses de modalités du chantier associées.

7. Estimation financière

Les principales composantes du chiffrage sont liées aux volumes de terrassements, d'enrochements, et de génie civil ; et, dans une moindre mesure, la mise en place de génie végétal (lits de plants et plançons et les autres techniques végétales mises en place sur la réhausse du perré).

Les hypothèses prises pour les chiffrages correspondent pour les terrassements à des remblais issus des déblais du site avec :

- 5% de réutilisation des matériaux issus des déblais des sabots et des enrochements libres des perrés,
- 100% par criblage pour produire les matériaux de sous-couche et de la clef de drainage ;

Les hypothèses prises pour les terrassements des matériaux contaminés sont les suivantes :

- 30% des déblais correspond à la purge des zones contaminées par la renoué du japon.
- Ces matériaux feront l'objet d'une évacuation partielle et une partie sera enterrée sur place sous le sabot et dans les fosses d'emprunt.

Dans le chiffrage actuel, est considérée une marge respectivement de 7% sur les enrochements et de 10% d'imprévus sur les autres postes, notamment liés aux incertitudes géotechniques et topographiques.

Il est retenu **10% d'aléa** sur le montant hors taxe.

Le coût des solutions techniques de l'AVP tel que proposé à ce stade de l'étude est présenté dans le Tableau 19 suivant.

L'analyse des coûts amène les commentaires suivants :

- Quelle que soit la solution, les travaux de réparation de la digue correspondent à environ **80%** du montant des travaux et **20%** correspondent aux frais généraux et travaux préparatoires.
- Le poste « **Génie civil** » est le poste principal pour la solution 1 (35% du montant des travaux) et le poste « **Enrochements** » est le poste principal pour les solutions 2 et 3 (respectivement 46% et 33% du montant des travaux)
- La solution 1 présente un coût inférieur aux solutions 2 et 3, respectivement de 12% et 4%.
- La solution 2 est légèrement plus couteuse que la solution 3, d'environ 9%

ESTIMATION

Objet :	Confortement de la digue d'Oëx sur la rive droite de l'Arve sur la commune de Magland
Personne morale :	SM3A

N° Prix	Libellé	Montant H.T.		
Confortement de la digue rive droite de l'Arve		Solution S1	Solution S2	Solution S3
1 - FRAIS GENERAUX		73 800	66 800	70 800
2 - TRAVAUX PREPARATOIRES		134 660	127 302	127 302
3 - TRAVAUX DE REPARATION DE LA DIGUE				
3.1 - TERRASSEMENTS		149 539	212 659	201 457
3.2 - CRIBLAGE		-	9 799	11 339
3.3 - ENROCHEMENTS		139 993	574 284	378 343
3.4 - GENIE CIVIL		377 841	62 050	113 720
3.5 - VOIRIE ET DEVERSOIR		40 450	62 050	39 590
3.6- GENIE VEGETAL		29 054	29 864	47 405
3.7 - REMISE EN ETAT		46 854	46 854	46 854
3 - TRAVAUX DE REPARATION DE LA DIGUE		783 732	938 931	838 709
TOTAL		992 192	1 133 033	1 036 811
ALEA (10%)		99 219	113 303	103 681
CONFORTEMENT DE LA DIGUE D'OEX AVEC ALEA		1 091 411	1 246 336	1 140 492

C U M U L S				
MONTANT H.T.		1 091 411	1 246 336	1 140 492
MONTANT T.V.A.	20,00%	218 282	249 267	228 098
MONTANT T.T.C.		1 309 693	1 495 603	1 368 590

Tableau 19 : Montant financier des travaux des solutions techniques

8. Annexes

8.1. Annexe n°1 : Note sur la modélisation hydraulique

8.2. Annexe n°2 : Rapport des inventaires 4 saisons d'ECOSYSTEMIC

8.3. Annexe n°3 : Rapport géotechnique G2AVP

8.4. Annexe n°4 : Plans AVP