



RD 1091

Conception-Réalisation de la Galerie de la Marionnaise

NOTE DE MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION

Date limite de remise des offres : 29 août 2022 – 17h

Mise à jour demandée pour le : 19 octobre 2022 – 17h

Remise de l'offre finale le : 20 janvier 2023 – 12h



SOMMAIRE

#1 – Contexte général du projet	6
1. Localisation.....	6
1. Identification des contraintes principales	7
2. Objet de la note.....	7
#2 – Phasages et méthodes	8
1. Phasage général	8
2. Méthodes de démolition/reconstruction.....	10
a) Préambule.....	10
b) Travaux préparatoires	10
Purges paroi rocheuse et grillage plaqué.....	11
Aménagement de la piste de déviation du pont de Roche Noire.....	12
Terrassements pleine masse côté Grenoble	14
Aménagement des plateformes amont et aval.....	16
c) Réparation du mur amont	18
Hydrodépavage du mur amont.....	19
Ancrages passifs en tête du mur amont.....	21
Drains forés	23
Traitement des fissures aquifères et venues d'eau diffuses.....	24
Réalisation du contrevoile en béton armé	27
d) Démolition de l'ancienne galerie.....	27
Dépose des dalles élégies.....	27
Démolition du mur amont.....	29
Écrêtage du mur	29
Démolition des poutres précontraintes.....	30
Démolition des poteaux et semelle aval	30
e) Reconstruction de la nouvelle galerie.....	31
Réalisation des micropieux	31
Réalisation des semelles amont/aval	32

Réalisation des piédroits	33
Réalisation de la traverse supérieure.....	35
Réalisation des têtes de l'ouvrage	37
Acrotères sur la traverse supérieure.....	38
Étanchéité de la traverse.....	39
Remblai de couverture sur la traverse.....	39
Lasures minérales	40
Équipements de l'ouvrage.....	40
Travaux de VRD	41
Niches de sécurité.....	42
Joint de la structure.....	43

3. Moyens matériels et humains 44

#3 – Garantie de qualité et de respect des délais..... 49

a) Qualité des ouvrages exécutés	49
b) Respect des délais	49
c) Cohérence et pertinence de la durée et de l'enchaînement des tâches	50
Durée des tâches	50
Enchaînement des tâches.....	50
Mise en service des équipements.....	52
d) Marge libre et intempéries	53
e) Réseaux	53

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du projet – Galerie de la Marionnaise.....	6
Figure 2 : Chronologie synthétique du projet.....	8
Figure 3 : Extrait de la maquette BIM360 – INFRAWORKS.....	9
Figure 4 : Vue d'ensemble de la structure existante – REVIT.....	9
Figure 5 : Matériel utilisé pour les purges du front rocheux.....	11
Figure 6 : Localisation du blocs Gd01 à miner.....	11
Figure 7 : Extrait IDP 2013 - Poutre 10.....	12
Figure 8 : État actuel de la piste de déviation du pont de Roche Noire.....	12
Figure 9 : Extrait du carnet de phasage - Aménagement de la piste de déviation.....	13
Figure 10 : Extrait de la note risques naturels.....	14
Figure 11 : Zones de remblaiement envisagées pour les déblais de terrassement.....	15
Figure 12 : Extrait du carnet de phasage - Emprise plateforme amont (en violet).....	16
Figure 13 : Emprise de la piste chantier aménagée à l'aval.....	17
Figure 14 : Exemple de zone de rétrécissement sur la plateforme aval.....	17
Figure 15 : Altération du parement en pied du mur.....	19
Figure 16 : Altération localisée du parement à mi-hauteur.....	19
Figure 17 : Exemple de poste d'hydrodémolition.....	19
Figure 18 : Extrait du carnet de phasage - Phase d'hydrodécapage.....	20
Figure 19 : Implantation des ancrages passifs en tête – Portique 3.....	21
Figure 20 : Exemple de fissure aquifère.....	24
Figure 21 : Exemple de fissure aquifère.....	24
Figure 22 : Localisation des zones à traiter identifiées à ce stade.....	25

Figure 23 : Principe de traitement des fissures aquifères	25
Figure 24 : Principe de traitement des venues d'eau diffuses	26
Figure 25 : Extrait du carnet de phasage - Réalisation du contrevoile.....	27
Figure 26 : Extrait du carnet de phasage - Phase de dépose des dalles élégies	28
Figure 27 : Extrait des coupes techniques - Caractéristiques des micropieux.....	31
Figure 28 : Exemple de bétonnage ponctuel depuis l'intérieur de la galerie	32
Figure 29 : Bétonnage à la pompe depuis la plateforme amont	32
Figure 30 : Bétonnage à la pompe depuis la piste de chantier aval	33
Figure 31 : Coupe au droit d'un poste de réalisation du piédroit aval.....	34
Figure 32 : Séquence de matriçage retenue pour un plot de bétonnage	34
Figure 33 : Configuration travaux lors de la pose des dalles de nuit.....	35
Figure 34 : Géométrie envisagée pour les dalles préfabriquées et zones de clavage	36
Figure 35 : Exemple de plateforme PTE	36
Figure 36 : Vue en élévation du coffrage des têtes d'ouvrage	37
Figure 37 : Élévation latéral du coffrage des têtes d'ouvrage.....	37
Figure 38 : Vue de détail des acrotères du projet (hors étanchéité)	38
Figure 39 : Configuration lors de la pose des équipements à l'aval.....	41
Figure 40 : Extrait du dossier pilote éclairage du CETU.....	52
Figure 41 : Extrait du planning détaillé – Marge libre & intempéries – Année 2024	53

#1 – Contexte général du projet

1. Localisation

L'ouvrage concerné par le présent marché se situe à proximité du Col du Lautaret, sur la route départementale n°1091 dans le Département des Hautes-Alpes (05).

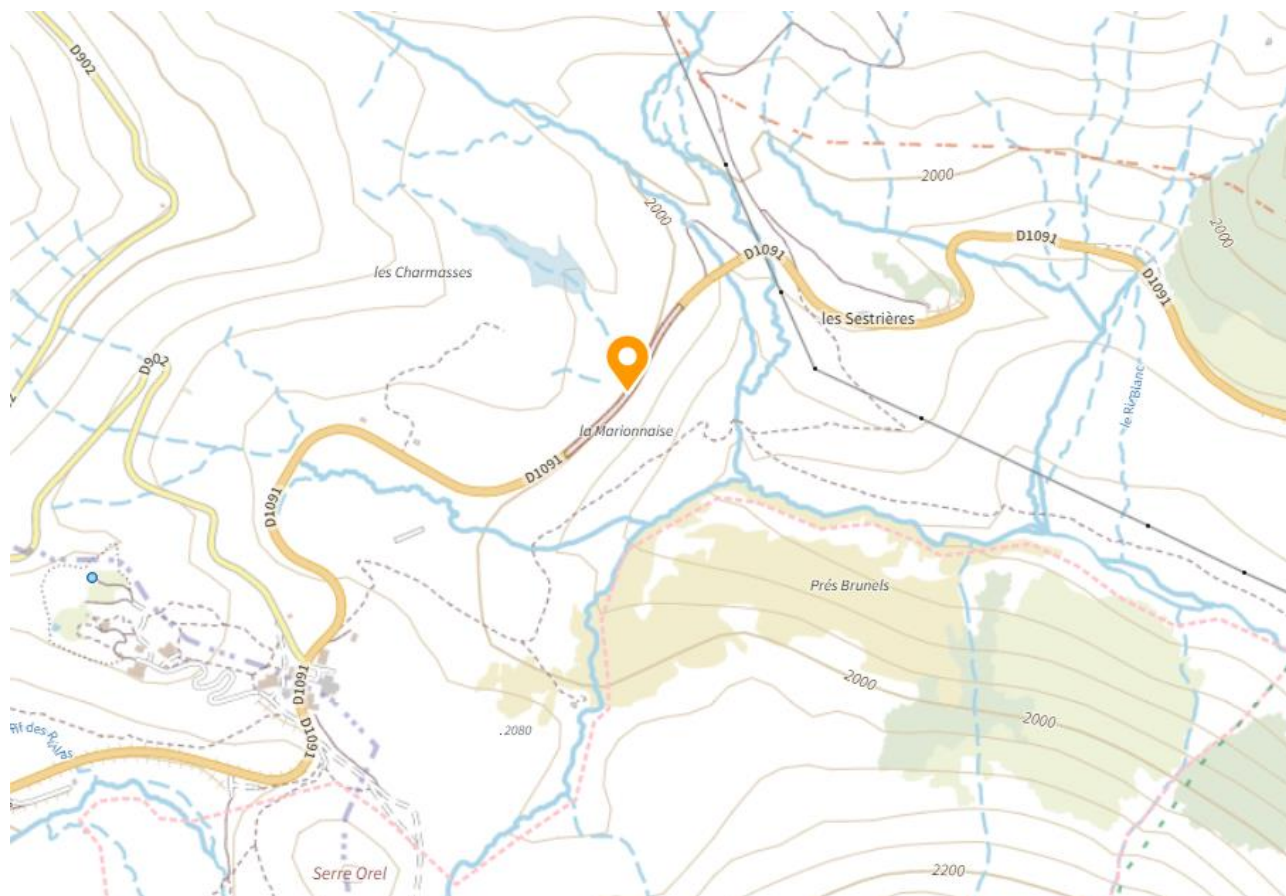


Figure 1 : Localisation du projet – Galerie de la Marionnaise

Les principaux objectifs du projet sont rappelés ci-dessous :

- ✓ **Améliorer la sécurité des usagers de la RD 1091** par la construction d'une galerie pérenne, adaptée et répondant aux besoins fonctionnels du Département des Hautes-Alpes,
- ✓ **Faciliter l'exploitation routière**, notamment durant la période de viabilité hivernal,
- ✓ **Limiter les mesures de surveillance de l'ouvrage** avec un ouvrage fonctionnel et adapté aux enjeux du site,
- ✓ **Améliorer la sécurité des cyclistes** en proposant un espace dédié sécurisé,
- ✓ **Intégrer l'ouvrage** dans un site à forts enjeux tant sur le plan environnemental qu'architectural.

1. Identification des contraintes principales

Pour répondre aux différents objectifs précités, il conviendra d'identifier au mieux les différentes contraintes du site.

Ces contraintes ont été extraites du DCE et intégrées dans la constitution du dossier AVP. Elles sont listées ci-dessous :

- ✓ **Présence du Pont de Roche Noire** : Cet ouvrage est situé à proximité immédiate de la tête Nord-Est de la galerie. Il présente des pathologies importantes et nécessite une limitation de tonnage qui est dimensionnante pour le phasage de réalisation de l'ouvrage. Cette limitation a été intégrée à la conception et à la méthodologie de mise en œuvre du nouvel ouvrage.
- ✓ **Période de viabilité hivernale** : Du **1^{er} novembre au 1^{er} avril** les travaux devront être interrompus. La circulation devra être rétablie sur deux voies de circulation avec un niveau de protection des usagers au moins identique à ce qu'il y avait avant travaux.
 - Un phasage particulier est à prévoir pour condenser les travaux sur une période relativement courte.
- ✓ **Procédures règlementaires** : En parallèle de la conception de l'ouvrage, plusieurs procédures seront à mener pour faire valider par les autorités compétentes les différents aspects du projet (environnement, sécurité, urbanisme, foncier, etc...).
- ✓ **Risques résiduels** : La nature des travaux impose une maîtrise totale du phasage de réalisation et des risques résiduels pour toutes les étapes de travaux. Une analyse détaillée de ces éléments est annexée à notre offre.
- ✓ **Réseau hydrographique** : Le site traversé par le projet présente un réseau hydrographique important nécessitant une gestion raisonnée des eaux de ruissellement. Le projet intègre notamment une gestion soignée des arrivées d'eau aux abords de la galerie afin de garantir la durabilité de l'ouvrage.
- ✓ **Contexte géologique** : Le site s'inscrit dans un contexte géologique particulier, avec la présence d'une discontinuité transversale entre la partie Nord-Est et Sud-Ouest de l'ouvrage.
- ✓ **Intégration de l'ouvrage** : La co-visibilité de certains sites inscrits avoisinants nécessite une intégration soignée de l'ouvrage dans le site.

Les moyens techniques et matériels mis en œuvre pour répondre à l'ensemble de ces contraintes sont détaillés dans la suite de ce document.

2. Objet de la note

Cette note vise à présenter en détails le mode constructif de l'ouvrage et les moyens matériels et humains retenus pour les différentes phases du chantier. Elle est étroitement liée à la note « **Gestion de la circulation et de l'exploitation** » et au **carnet de phasage** du projet.

#2 – Phasages et méthodes

1. Phasage général

Les différents choix constructifs et les moyens humains et matériels alloués à ce projet ont été déterminés avec l'objectif principal de **réduire au maximum les impacts sur l'exploitation de la RD 1091**. Notre groupement propose donc de réaliser les travaux en **14 mois** (durée d'exécution effective sur site hors démarches réglementaires). La chronologie ci-dessous résume de façon synthétique les principales étapes du projet :

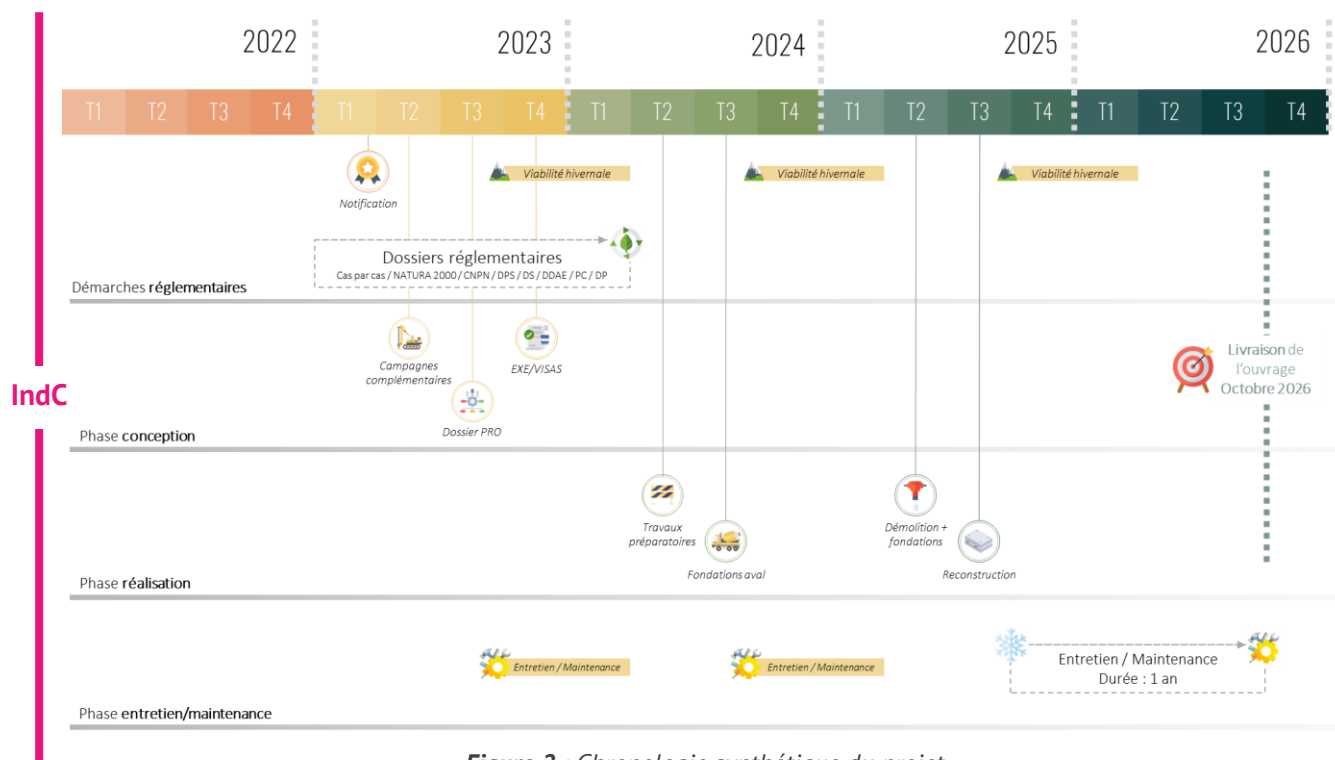


Figure 2 : Chronologie synthétique du projet

NOTA : Cette chronologie est annexée à notre offre pour plus de lisibilité.

Afin de **sécuriser** et **fiabiliser** notre planning, la phase « Démarches réglementaires » débutera au plus tôt, dès notification du marché. Il conviendra dans ce cadre de lancer dès que possible une **campagne de consolidation des données de comptage** pour agrémenter le dossier préliminaire de sécurité ainsi qu'un **inventaire faune/flore complémentaire** pour consolider les dossiers environnementaux pouvant avoir un impact significatif sur le planning général de l'opération.

Dans le cadre de l'élaboration de notre offre, nous avons réalisé une modélisation 3D de la structure existante et de l'ouvrage neuf à construire afin d'appréhender au mieux les contraintes associées à chaque phase de réalisation ainsi que les mesures d'exploitation qu'il sera nécessaire de mettre en œuvre. Cette modélisation nous a permis de construire un phasage **cohérent** et de travailler plus finement sur les axes suivants :

- ✓ Les emprises disponibles à l'extérieur de la galerie pour disposer les engins de chantier (grues, pelles hydrauliques, etc...),
- ✓ Les métrés de démolition,
- ✓ Les volumes de terrassement du projet,
- ✓ Les emprises disponibles pour les engins à l'intérieur de la galerie,
- ✓ Les largeurs circulables que nous pouvons dégager à chaque étape des travaux,
- ✓ Les différents accès à conserver pour les approvisionnements du chantier (bétonnages, livraisons, manutentions, etc...),
- ✓ L'implantation de la nouvelle galerie à construire.

Ci-dessous un aperçu de la maquette 3D de l'ouvrage existant :



Figure 3 : Extrait de la maquette BIM360 – INFRAWORKS

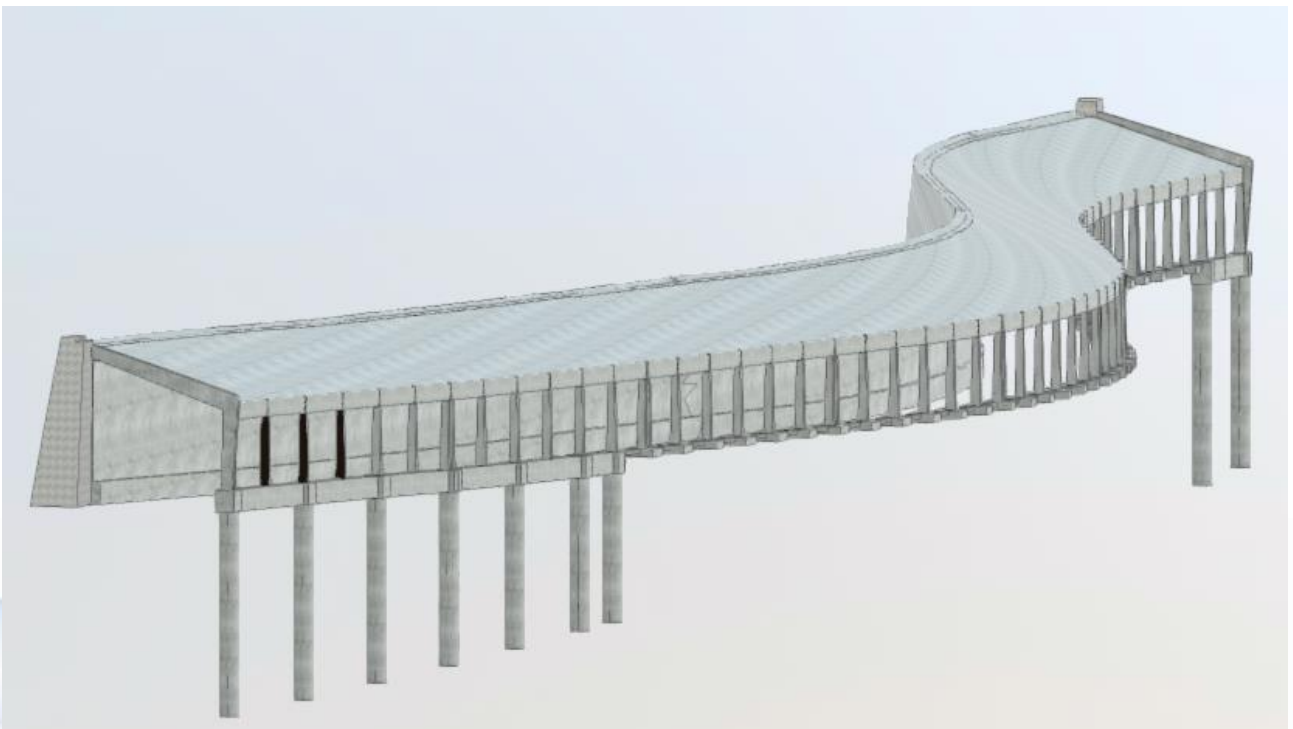


Figure 4 : Vue d'ensemble de la structure existante – REVIT

2. Méthodes de démolition/reconstruction

a) Préambule

Les principes constructifs de notre projet ont été déterminés en suivant les lignes directrices suivantes :

- ✓ Les usagers (cyclistes, VL, PL) doivent être en **parfaite sécurité** durant toutes les étapes de démolition et de reconstruction,
- ✓ Les phases de démolition sont forcément associées la même année à une phase de reconstruction. Cela permet de garantir aux usagers un niveau de protection contre les différents aléas au moins équivalent au niveau avant travaux,
- ✓ Chaque phase des travaux doit avoir l'**impact le plus faible possible sur l'exploitation** de la RD 1091,
- ✓ Chaque phase des travaux doit avoir l'**impact le plus faible possible sur l'environnement**.

Les sous-parties suivantes détaillent de façon précise les principes constructifs retenus en cohérence avec ces objectifs.

b) Travaux préparatoires

L'année 2024 est consacrée aux travaux préparatoires qui permettront la démolition et reconstruction de la galerie durant l'année 2025. Une partie des travaux préparatoires consiste à aménager les abords de l'ouvrage pour dégager les emprises de la future galerie, ainsi que réaliser les terrassements qui permettront dès la première année de réduire le risque de formation de congères et d'améliorer les conditions d'exploitation durant la période de viabilité hivernale 2024/2025.

Les travaux préparatoires sont constitués des phases suivantes :

- ✓ Purge des parois rocheuses en surplomb de la galerie existante,
- ✓ Aménagement de la piste de déviation du pont de Roche Noire,
- ✓ Terrassements pleine masse côté Grenoble,
- ✓ Aménagement des plateformes amont et aval,
- ✓ Réalisation de pare-congères, barrières à neige.

Ces différentes phases sont décrites précisément dans les parties qui suivent.

Purges paroi rocheuse et grillage plaqué

Comme indiqué dans la note risques naturels, des travaux de purges sont à prévoir en falaise sur les fronts rocheux à l'amont de la galerie. Ces travaux se feront avec une équipe spécialisée constituée de personnels habilités à intervenir sur corde.

La taille des blocs à purger étant relativement faible, ces travaux se feront à l'aide d'une canne à purge (cf. photo ci-dessous). Les blocs purgés seront accompagnés au sol afin de ne pas générer de désordre sur la toiture de l'ouvrage existant.



Figure 5 : Matériel utilisé pour les purges du front rocheux

GEOFORMER (le bureau d'études spécialisé en risques naturels) a préconisé également le minage d'un petit bloc instable situé en surplomb du front de falaise (point n°1 sur l'image ci-dessous) :

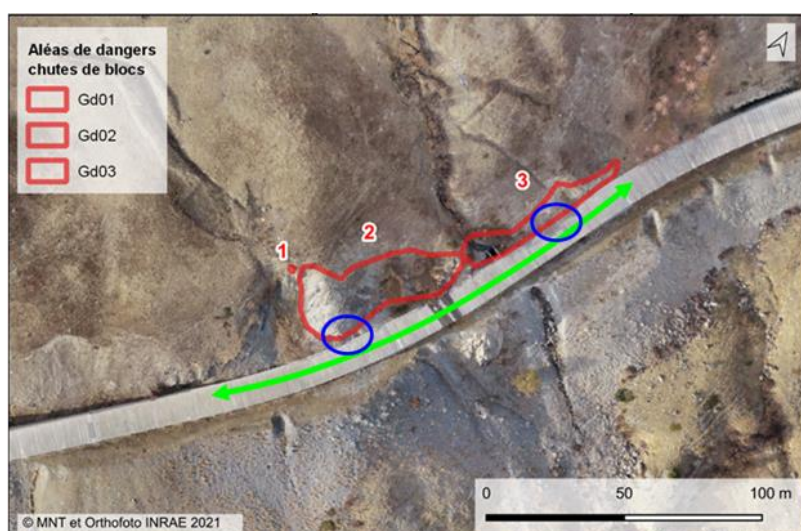


Figure 6 : Localisation du blocs Gd01 à miner

Le minage de ce bloc se fera par foration préalable, emmaillotage et équipement du blocs avec des petites charges. Le bloc sera ainsi fracturé sur place permettant de supprimer le risque de chute sur l'ouvrage qui subsiste à l'heure actuelle.

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Purge paroi rocheuse	Variable suivant les zones et les accès	1 chef d'équipe 3 cordistes	Atelier de minage Canne à purge
Filet de protection chutes de blocs	Variable suivant les zones et les accès	1 chef d'équipe 3 cordistes	Machine de forage en falaise

Aménagement de la piste de déviation du pont de Roche Noire

Le dossier fourni par le Maître d'Ouvrage indique que certaines parties du pont de Roche Noire sont très dégradées (exemple : poutres n°9, n°10, abouts des chevêtres, etc...). L'inspection détaillée périodique réalisée en 2013 indique que l'ouvrage est **en mauvais état général** nécessitant ainsi des travaux d'entretien courant et d'entretien spécialisé. Sur la base de ces éléments, nous proposons de dévier la circulation des engins de chantier sur l'ancienne portion de route qui contourne le pont à l'amont de la zone. Le franchissement du torrent de Roche Noire se fait par un ouvrage voûte qui ne présente pas de désordre important à première vue. De plus, sa faible ouverture permet de garantir le passage d'engins de chantier car ils ne seront (pour les convois les plus lourds) jamais en totalité sur l'ouvrage.



Figure 7 : Extrait IDP 2013 - Poutre 10

L'aménagement de la piste consiste à purger les éléments présents sur l'ancienne emprise de la RD avec des engins mécanisés type pelle à chenilles ou chargeuse sur pneus. Une GBA sera mise en œuvre en bord de piste, du côté des flancs rocheux pour faire office de piège à cailloux et sécuriser les circulations chantier.



Figure 8 : État actuel de la piste de déviation du pont de Roche Noire

Les déblais de cette phase d'aménagement seront provisoirement stockés sur une zone tampon en vue de leur réutilisation sur site après un éventuel concassage/criblage (pour les éléments de plus grande taille). Pour plus d'informations à ce sujet, se référer à la **note sur les modalités d'acheminement des engins et matériaux** qui décrit les zones de stockage envisagées ainsi que la gestion des déblais/remblais du site.

La phase n°2 du **carnet de phasage** représente l'emprise des travaux d'aménagement de la piste de déviation du pont de Roche Noire :

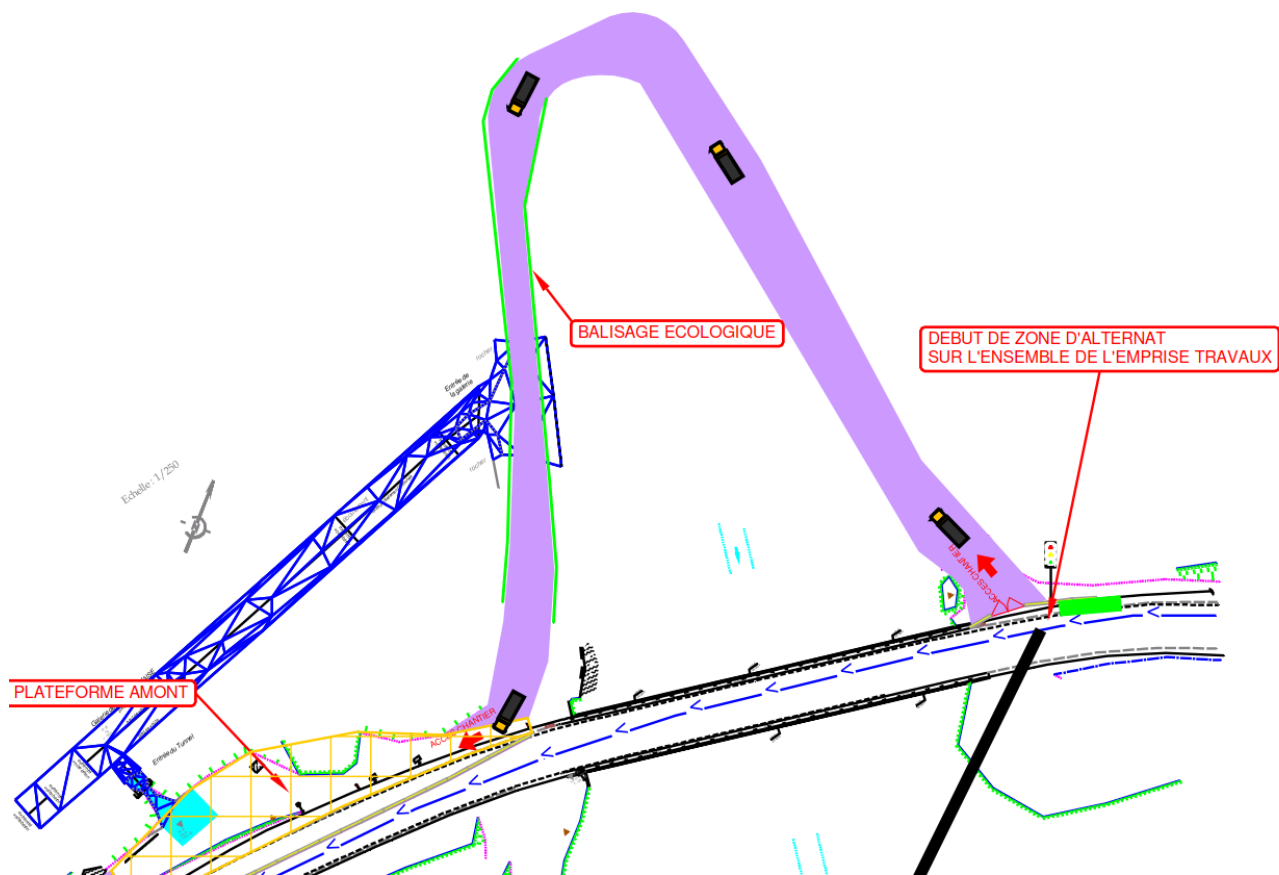


Figure 9 : Extrait du carnet de phasage - Aménagement de la piste de déviation

NOTA : La gestion de la circulation à l'entrée de cette piste est décrite dans la note « **Gestion de la circulation et de l'exploitation** ».



On note sur l'emprise de l'ancienne route départementale la présence de la **grenouille rousse**, espèce protégée dont la zone en question représente un espace favorable à la reproduction et à l'alimentation de ces amphibiens. Nous avons travaillé avec notre partenaire EODD afin de définir des mesures d'évitement efficaces pour s'abstenir de toute destruction d'individu sur le secteur.

Ainsi, la piste de déviation du pont de Roche Noire, à proximité immédiate de la zone de reproduction, sera déportée au maximum vers le talus bordant le torrent afin de laisser une mare suffisamment étendue pour que les amphibiens puissent se reproduire. En complément, un balisage écologique important sera mis en place le long de cette piste afin d'éviter aux grenouilles de traverser la voie circulée. Pour finir, plusieurs mares favorables à ces grenouilles seront créées au sein du périmètre actuel. Des captures seront effectuées avant démarrage des travaux, et les individus seront relâchés dans ces mares.

Point d'attention sur l'environnement...

Terrassements pleine masse côté Grenoble

Ces terrassements ont deux vocations :

- ✓ Permettre la modification du tracé de la route départementale pour réaliser un tracé **conforme aux réglementations et normes en vigueur**,
- ✓ **Réduire considérablement les risques de formation de congères** et limiter le déneigement durant la période hivernale.

La réduction du phénomène d'accumulation de neige sur la chaussée est obtenue en limitant les cassures de pente entre le terrain naturel et les talus bordant la route départementale. L'image ci-dessous illustre un faible dépôt de neige sur la chaussée dans le cas où la cassure de pente est peu marquée (dernière image). À contrario, lorsque la cassure de pente est importante (ce qui est le cas dans la configuration actuelle de la RD), la vitesse du vent se retrouve perturbée à proximité de l'obstacle, ce qui entraîne un dépôt de neige conséquent sur la chaussée.

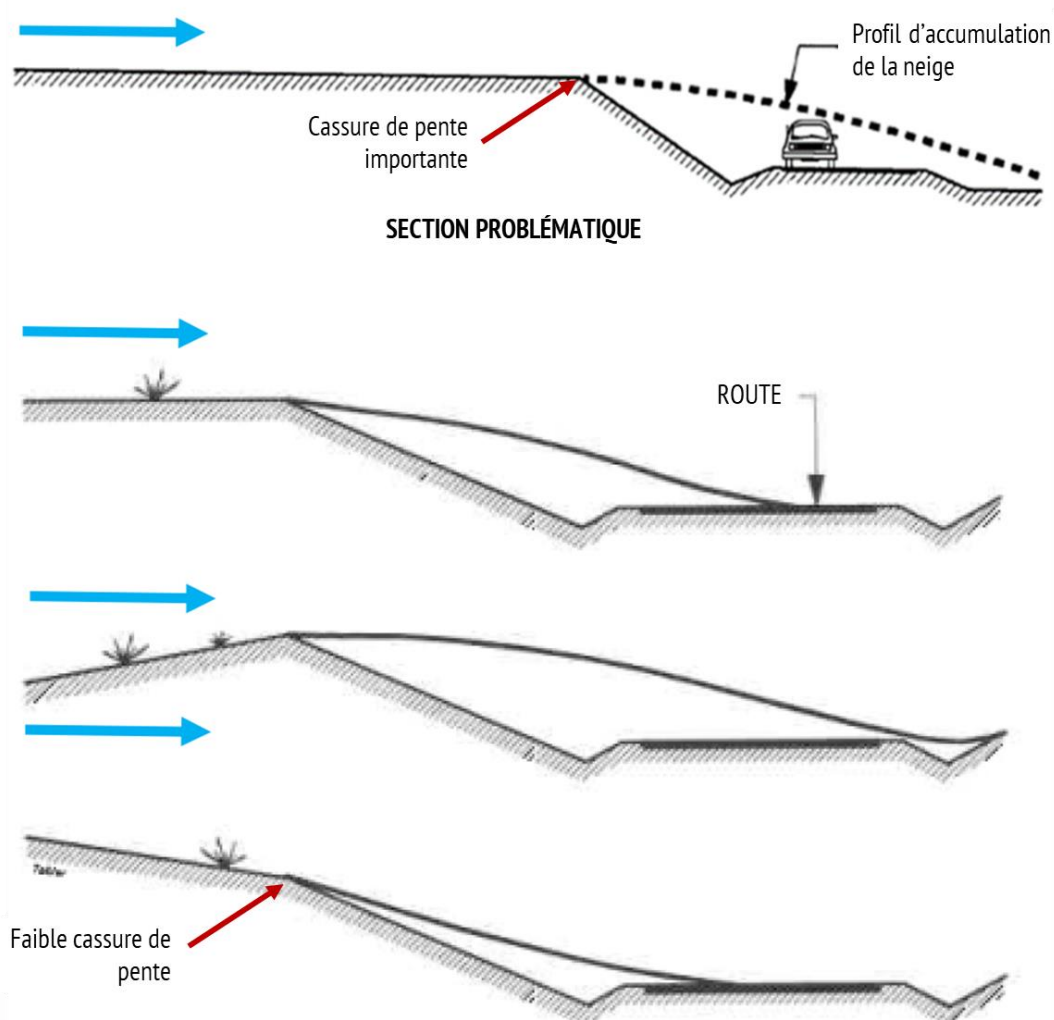


Figure 10 : Extrait de la note risques naturels

NOTA : Pour plus de détails sur l'impact de ces terrassements en période hivernale, consulter la « **Note risques naturels** ».

Les déblais de terrassement seront par la suite mis en stock sur site sur les différentes zones indiquées sur le **plan de terrassement** du projet, à savoir :

- ✓ Une partie à l'arrière des travées 9 et 10 sur environ 2,50 m de hauteur,
- ✓ Une partie mise en stock sur une zone tampon côté Briançon et qui servira à remettre en état le site sur l'emprise de l'ancienne chaussée côté Grenoble (portion qui sera démolie en 2025).

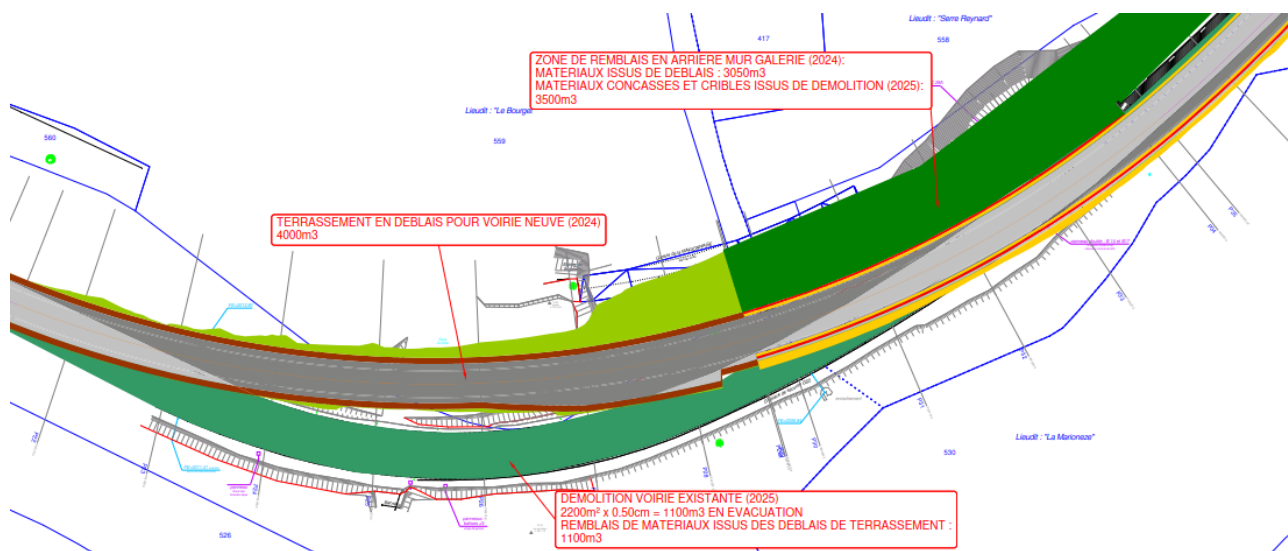


Figure 11 : Zones de remblaiement envisagées pour les déblais de terrassement

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Terrassements pleine masse	400 m ³ / jour	1 conducteur d'engin 1 compagnon (aide/guide)	1 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes

On note la présence de la sortie d'une galerie de l'ancien tunnel dans l'emprise de ces terrassements.

Le tunnel ne sera pas impacté par le projet, seules les entrées seront retravaillées mais sans les obturer. D'après l'analyse d'EODD dans le dossier de dérogation des espèces protégées, aucun enjeu particulier n'est à noter vis-à-vis des chiroptères (absence d'individus et de traces de présence). On veillera toutefois à laisser la possibilité à l'avenir aux chiroptères de venir occuper ce tunnel.

Point d'attention sur l'environnement...



Aménagement des plateformes amont et aval

Les plateformes dont il est question dans ce chapitre permettront de créer des zones de circulation chantier afin d'éviter au maximum les circulations/stationnements de nos engins de chantier durant les différentes phases.

Plateforme amont :

Il est prévu d'aménager les zones situées à l'arrière du mur amont sur les emprises suivantes :

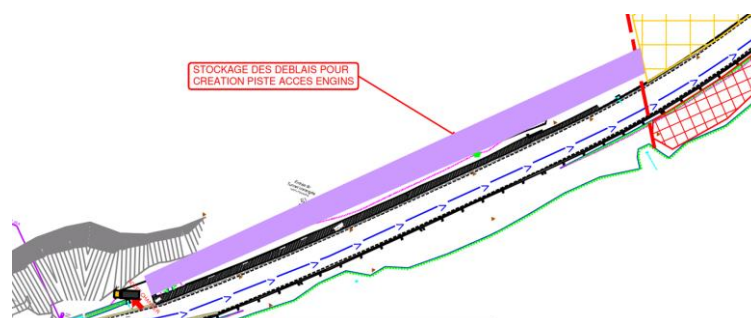


Figure 12 : Extrait du carnet de phasage - Emprise plateforme amont (en violet)

Une rampe de faible pente sera créée de part et d'autre de l'ouvrage, à l'amont, afin de permettre la circulation et la mise en station des engins de chantier pour certaines phases, notamment :

- ✓ Les machines de forage des ancrages passifs du mur amont au droit des modules M8 et M,
- ✓ Les toupies et pompe à béton pour les bétonnages prévus pour l'atelier côté Grenoble,
- ✓ Les engins de levage qui seront nécessaires pour plusieurs phases de manutention pour ne pas empiéter sur les zones circulées.

Plateforme aval :

Actuellement, la galerie est bordée à l'aval d'une plateforme enherbée subhorizontale de largeur variable. On identifie plusieurs zones de rétrécissement parfois importantes qu'il conviendra de traiter provisoirement afin d'aménager une zone circulaire pour les différents engins de chantier, notamment :

- ✓ Les machines de forage des micropieux pour les fondations profondes aval,
- ✓ Les pelles mécaniques pour le terrassement de la semelle aval et des aménagements ultérieurs,
- ✓ Les toupies et pompe à béton pour les bétonnages prévus pour l'atelier côté Briançon,
- ✓ Les engins de levage en 2024 et 2025 qui seront nécessaires pour plusieurs phases de manutention pour ne pas empiéter sur les zones circulées.

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Aménagement plateformes amont/aval	Variable suivant les zones et les accès 2 ateliers prévus	Pour les deux ateliers : 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (aide/guide)	Pour les deux ateliers : 2 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes

La plateforme aval sera aménagée sur l'emprise suivante :

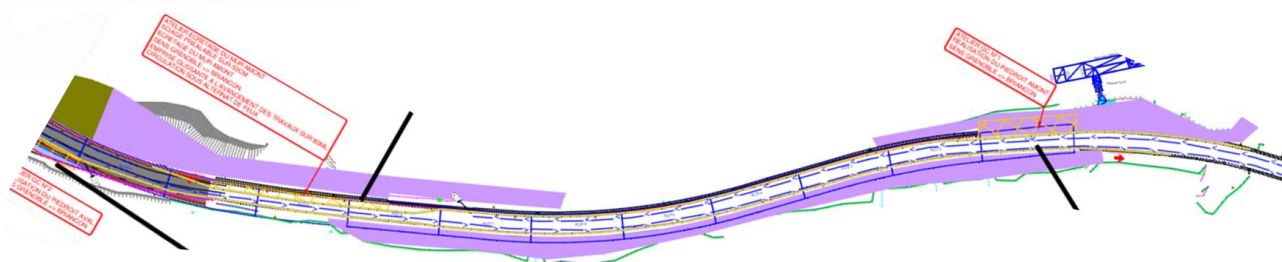


Figure 13 : Emprise de la piste chantier aménagée à l'aval

Comme indiqué précédemment, certaines zones de rétrécissement sont présentes sur cette plateforme aval. Elles correspondent principalement aux exutoires des ouvrages hydrauliques qui passent sous la galerie. Il est prévu de prolonger ces ouvrages avec des éléments de même diamètre pour provisoirement remblayer ces zones et élargir la piste sans impacter toutefois la stabilité du talus aval.



Figure 14 : Exemple de zone de rétrécissement sur la plateforme aval



D'après les diagnostics environnementaux en notre possession, la plateforme aval est classée à **faible enjeu** vis-à-vis des habitats naturels. Aucune espèce protégée n'a été relevée sur cette emprise.

Point d'attention sur l'environnement...

c) Réparation du mur amont

Notre groupement a fait le choix de proposer un projet permettant de réutiliser partiellement le mur amont. Comme le demande le programme, une **durabilité de 100 ans** est assurée pour l'ensemble des éléments du projet. Pour plus de détails sur la justification de cette réutilisation, se référer aux documents suivants :

→ Notice AVP : Elle décrit de façon précise les éléments qui nous ont poussés à conserver en partie le mur amont,

→ RAPPORT DU CERIB : Ce rapport réalisé par un organisme externe au groupement permet d'apporter de la crédibilité au choix de réutilisation du mur et donne les prescriptions techniques à respecter pour garantir la durabilité de 100 ans demandée au marché.

→ Notice G2AVP : Elle décrit les choix de conception qui ont menés à la réutilisation du mur amont et intègre une synthèse du rapport et des préconisations du CERIB.

Les étapes nécessaires à la réutilisation du mur amont sont les suivantes :

- ✓ Phase 1 : Hydrodécapage du parement du mur amont sur les zones dégradées,
- ✓ Phase 2 : Réalisation d'ancrages passifs en tête du mur pour assurer la stabilité de la nouvelle structure (notamment vis-à-vis du séisme),
- ✓ Phase 3 : Réalisation de drains forés DN80 en partie inférieure du mur amont afin d'améliorer les conditions de drainage de l'ouvrage,
- ✓ Phase 4 : Mise en œuvre de bande d'isolation au droit des fissures aquifères pour limiter la sensibilité de l'ouvrage aux cycles gel-dégel,
- ✓ Phase 5 : Réalisation d'un crayonnage/épinglage du parement et d'un contrevoile en béton armé d'une épaisseur de 25 cm.

Toutes ces étapes sont décrites plus précisément dans la suite de ce document.

Hydrodépilage du mur amont

Le rapport de SIXENSE du DCE indique que le mur amont présente plusieurs pathologies plus ou moins marquées et notamment une sensibilité particulière aux cycles gel/dégel pour le béton. Le parement présente par endroit une surface altérée sur plusieurs centimètres d'épaisseur comme le montrent les photos ci-dessous :



Figure 15 : Altération du parement en pied du mur



Figure 16 : Altération localisée du parement à mi-hauteur

La majorité des désordres se situe en pied de mur et seules quelques zones seront à purger à mi-hauteur. Ces travaux se feront par hydrodépilage avec un décapeur haute pression. Il est prévu de traiter la partie basse du mur sur tout le linéaire (sur environ 1,0 – 1,5 m de hauteur) ainsi que toutes les zones altérées situées sur le reste de la hauteur du mur.

NOTA : *Seule la travée 1 ne sera pas traitée car elle sera démolie en totalité pour permettre un redressement du tracé routier à l'amont du pont de Roche Noire.*

Contrairement à la démolition mécanisée (type marteau piqueur ou petit BRH), **l'hydrodépilage permet de ne pas générer de vibration dans la structure** et donc de sécuriser l'ensemble des acteurs du projet durant cette phase de travaux. En complément, il est également prévu de fixer la lance du décapeur sur le bras d'une petite pelle mécanique afin de sécuriser les ouvriers et permettre une situation plus confortable pour les opérateurs (station assis à la place de la station debout).



Figure 17 : Exemple de poste d'hydrodémolition

Comme représenté sur la coupe ci-dessous, une nacelle élévatrice sera nécessaire pour les zones à décaper en partie haute du mur. Elles sont très localisées, et la majorité du poste se fera à pied d'œuvre, sans engins spécifiques.

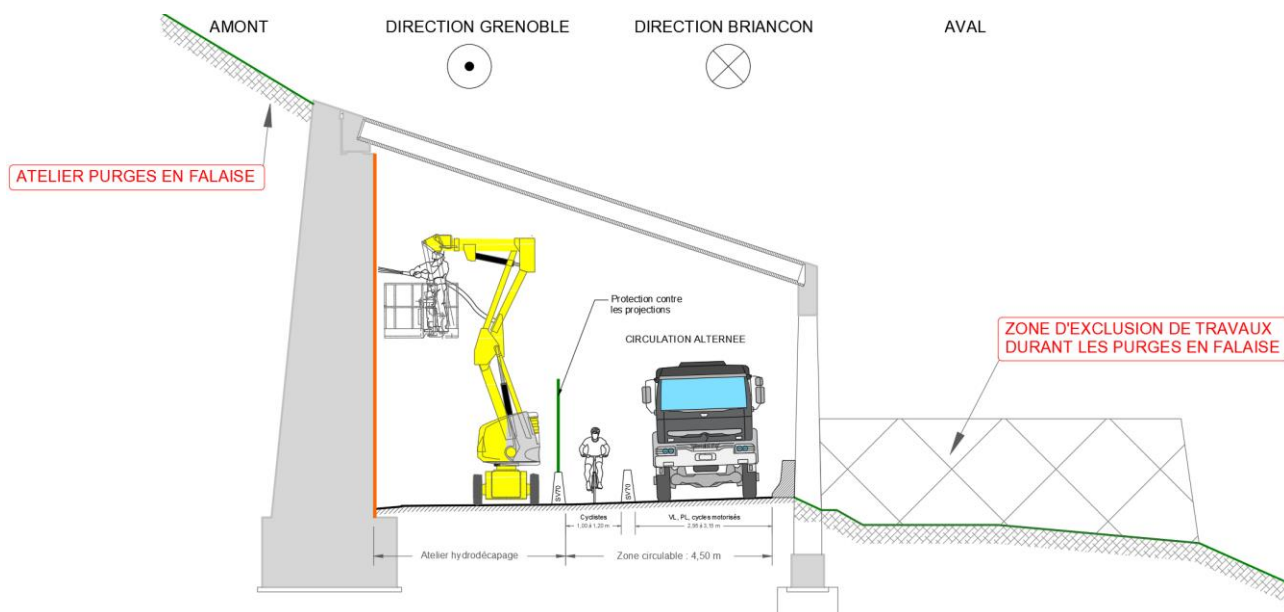


Figure 18 : Extrait du carnet de phasage - Phase d'hydrodécapage

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Hydrodécapage du mur amont	35-40 m ² / jour	1 chef d'équipe 2 compagnons	Décapeur haute pression Compresseur Bobcat sur roues Nacelle télescopique

Ancrages passifs en tête du mur amont

Ces ancrages sont nécessaires à la stabilité au séisme de la nouvelle structure. Ils seront ancrés dans la longrine de tête présente au-dessus du mur amont permettant ainsi de stabiliser l'ensemble et de réduire considérablement les efforts transmis au mur existant.

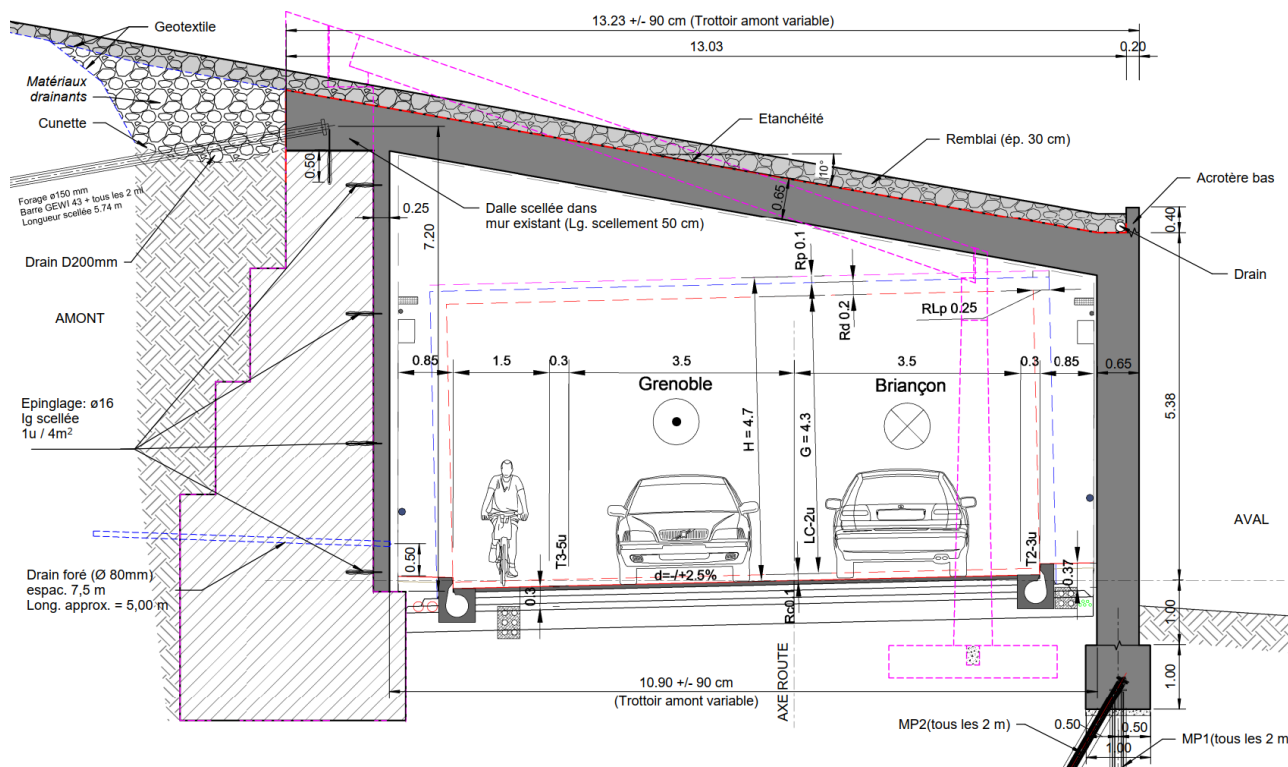


Figure 19 : Implantation des ancrages passifs en tête – Portique 3

La méthodologie de réalisation de ces ancrages est décrite en page suivante.

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Ancrages passifs mur amont	3 à 4U / jour par atelier 2 ateliers (un par tête)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 1 chef d'équipe 2 foreurs 4 aides foreurs	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 ateliers de forage 2 groupes électrogènes 2 compresseurs 1 malaxeur double cuve

ANCRAGES PASSIFS DE CONFORTEMENT DU MUR AMONT

Moyens matériels et humains

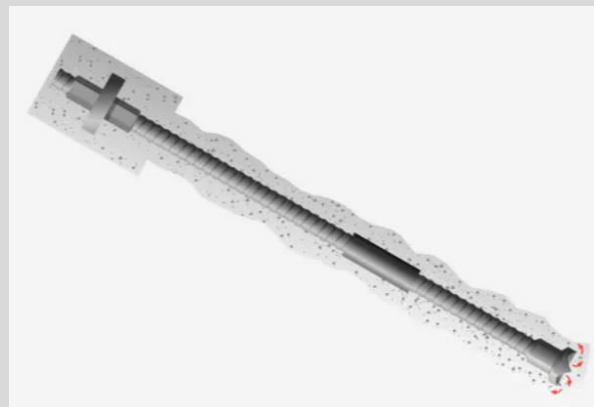
Voir **partie 3** « Moyens matériels et humains »

Caractéristiques des ancrages

- Espacement horizontal : 2,0 m (à confirmer en G3)
- Diamètre de forage : 150 mm
- Longueur des barres : à confirmer en G3
- Type de barre : GEWI Plus 42 mm

Méthode de forage

- Méthode classique ou méthode ODEX suivant la nature du terrain rencontré (présence d'éboulis)



Méthodologie

PRÉPARATION

- Élaboration d'un plan de calepinage des ancrages (mission G3)
- Implantation et piquetage des ancrages avec le conducteur de travaux et le chef de chantier
- Contrôle de l'implantation par le géologue représentant du Maître d'Œuvre

EXÉCUTION

FORAGE

- Mise en station de la machine perpendiculaire au front de terrassement
- Équipement de l'outil de forage
- Ajout de barres de forage au fur et à mesure de l'avancement
- Dès que le substratum rocheux est atteint, changement d'outil (marteau fond de trou)
- Tout au long du forage, le trou est soufflé et ramoné pour obtenir un forage sain en vue de son équipement
- Une fois la longueur voulue atteinte, le train de tige est retiré délicatement (un tubage provisoire ou définitif peut être nécessaire en fonction de la qualité du matériau rencontré)

ÉQUIPEMENT DU FORAGE

- Les barres d'ancrage seront munies d'écarteur permettant de garantir leur bon centrage dans le trou de forage
- Une canule d'injection sera attachée à la barre pour permettre l'injection sur tout le linéaire du forage
- Le forage est ensuite équipé avec le train de tige (barre + canule + écarteurs)

INJECTION

- L'injection sera réalisée au coulis de ciment par voie gravitaire faible pression
- La consommation de coulis sera notée pour chaque forage afin de contrôler la qualité de l'injection et la conformité du scellement aux prescriptions de la mission G3

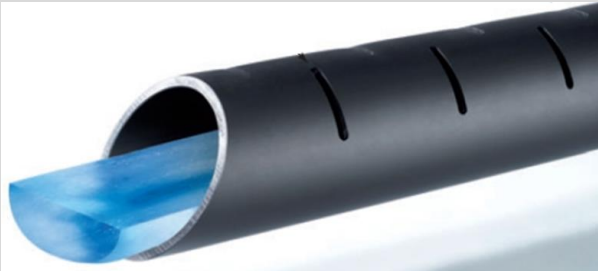
CONTRÔLES ET SUIVI

- Contrôle du forage : Vérification du diamètre du taillant, de l'inclinaison de la glissière, de la direction du forage, de la profondeur du forage et de la nature du terrain (cuttings). Des fiches de forage seront réalisées afin de permettre le suivi de la nature des sols traversés et de la qualité du forage.
- Contrôle du coulis d'injection : Vérification du volume d'eau, de la densité du ciment, des conditions de réalisation, essais de convenue du coulis et essais de compression simple sur éprouvettes en laboratoire
- Essais de conformité et de contrôle sur ancrages sacrificiels et définitifs

Drains forés

Plusieurs zones d'arrivées d'eau sont visibles depuis l'intérieur de la galerie sur une grande partie du linéaire laissant apparaître un défaut d'efficacité du drainage actuel du mur amont. Notre projet intègre donc l'amélioration considérable des dispositifs de drainage, notamment avec la réalisation de drain forés sur les travées 2 à 10.

La méthodologie de réalisation de ces drains est décrite ci-dessous :

DRAINS FORÉS DANS MUR AMONT	
Moyens matériels et humains	
Voir partie 3 « Moyens matériels et humains »	
Caractéristiques des drains	
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Espacement horizontal</u> : 5m (à confirmer en G2PRO/G3) • <u>Diamètre de forage</u> : 90 mm • <u>Longueur des drains</u> : 4 à 5 ml (dans le terrain naturel) • <u>Type de drains</u> : Tube PVC crépiné DN80 	
Méthode de forage	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode classique ou méthode ODEX suivant la nature du terrain rencontré (présence d'éboulis)
Méthodologie	
PRÉPARATION	
<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration d'un plan de calepinage des drains (mission G3) • Implantation et piquetage des drains avec le conducteur de travaux et le chef de chantier • Contrôle de l'implantation par le géologue représentant du Maître d'Œuvre et/ou du Maître d'Ouvrage 	
EXÉCUTION	
FORAGE	
<ul style="list-style-type: none"> • Mise en station de la machine de forage perpendiculaire au front de terrassement • Équipement de l'outil de forage • Ajout de barres de forage au fur et à mesure de l'avancement • Tout au long du forage, le trou est soufflé et ramonné pour obtenir un forage sain en vue de son équipement • Une fois la longueur voulue atteinte, le train de tige est retiré délicatement 	
ÉQUIPEMENT DU FORAGE	
<ul style="list-style-type: none"> • Les tubes PVC sont entourés d'un géotextile filtrant permettant d'éviter l'obstruction prématurée du drain • Le forage est ensuite équipé du complexe drain + géotextile 	
CONTRÔLES ET SUIVI	
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Contrôle du forage</u> : Vérification du diamètre du taillant, de l'inclinaison de la glissière, de la direction du forage, de la profondeur du forage et de la nature du terrain (cuttings). Des fiches de forage seront réalisées afin de permettre le suivi de la nature des sols traversés et de la qualité du forage. 	

Traitement des fissures aquifères et venues d'eau diffuses

En plus du traitement général du drainage de l'ouvrage par la mise en place de drains forcés, certains traitements locaux sont nécessaires. En effet, on constate la présence de plusieurs fissures aquifères représentant des zones de circulation privilégiées pour les eaux de ruissellement. Ci-dessous quelques exemples visibles depuis l'intérieur de la galerie :



Figure 20 : Exemple de fissure aquifère



Figure 21 : Exemple de fissure aquifère

Le principe de traitement des fissures aquifères et des venues d'eau diffuses est le suivant :

- ✓ Décapage du parement altéré au droit de la zone concernée. Ce décapage pourra être réalisé en même temps que le poste d'hydrodécapage afin de préparer l'emplacement nécessaire pour disposer l'isolant,
- ✓ Mise en œuvre d'un drain de faible diamètre (pour les fissures aquifères) ou d'un delta MS (sur les zones de venues d'eau diffuses),
- ✓ Mise en place de l'isolant thermique.

La localisation prévisionnelle des fissures et venues d'eau diffuses à traiter est la suivante :

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| ✓ En face du poteau 4.3 | ✓ En face du poteau 8.7 |
| ✓ En face du poteau 5.3 | ✓ En face du poteau 9.7 |
| ✓ En face du poteau 7.3 | ✓ En face du poteau 10.2 |
| ✓ EN face du poteau 8.3 | ✓ En face du poteau 10.5 |

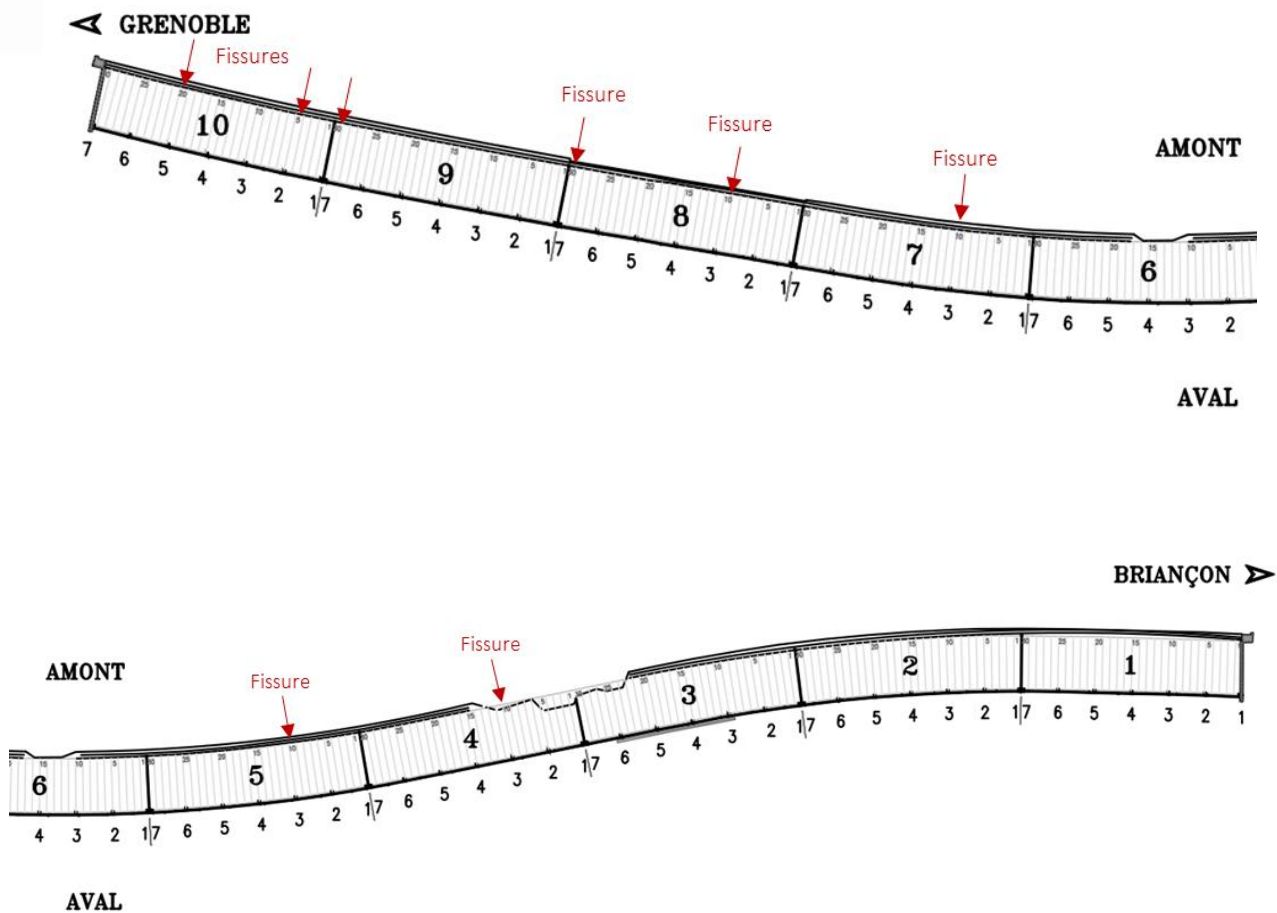


Figure 22 : Localisation des zones à traiter identifiées à ce stade

NOTA : Toutes les fissures non identifiées à ce stade seront traitées durant le chantier pour ne laisser aucune zone sensible subsister à l'interface contrevoile/mur amont.

Les schémas ci-dessous illustrent les deux principes de traitement retenus :

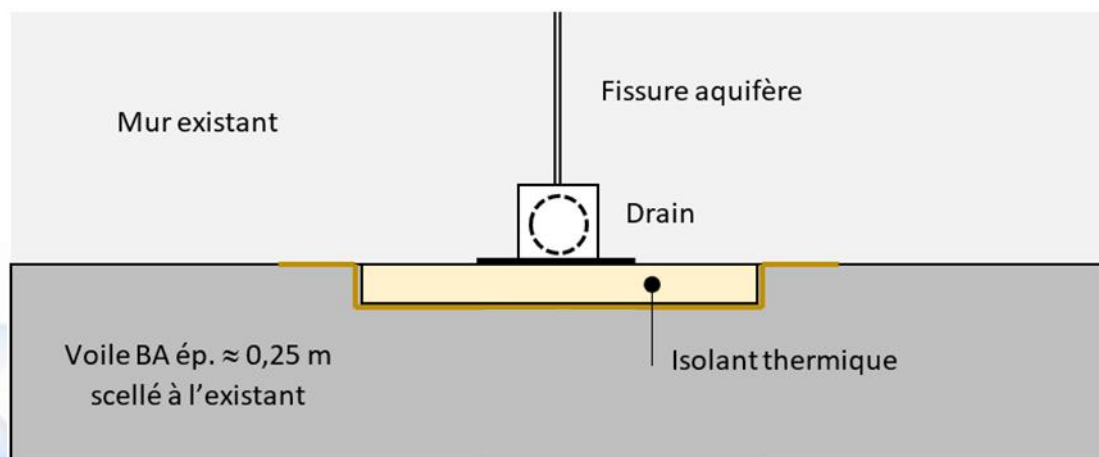


Figure 23 : Principe de traitement des fissures aquifères

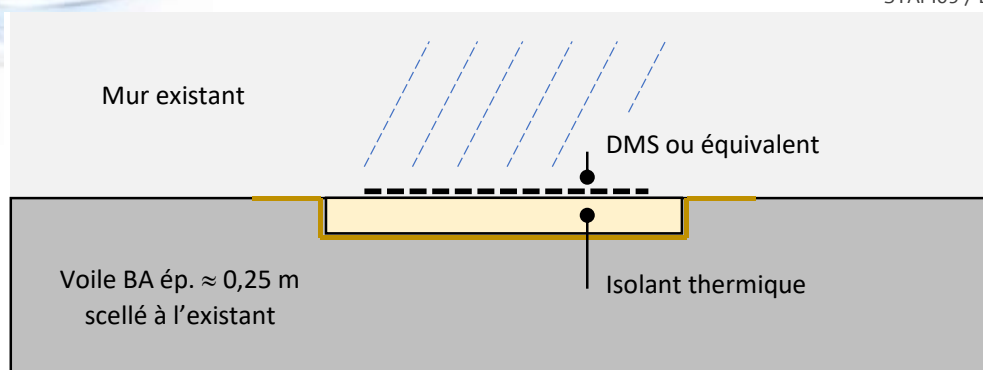


Figure 24 : Principe de traitement des venues d'eau diffuses

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Traitement des fissures aquifères	Variable selon l'étendue des fissures au droit de la zone traitée	1 chef d'équipe 2 compagnons	1 Nacelle élévatrice Petit outillage

Réalisation du contrevoile en béton armé

Afin d'assurer un bon fonctionnement mécanique de la structure, le contrevoile sera épinglé au mur amont à l'aide d'aciers HA16 scellés à la résine à raison de 1U/4m². L'ensemble contrevoile / mur amont deviendra alors monolithique et participera à la stabilité de la structure.

Ce contrevoile sera réalisé avec un coffrage glissant une face sous la galerie existante. Sa hauteur ne permet pas de manutentionner des peaux de coffrage classiques à cause de la proximité de la traverse supérieure. Des trappes de bétonnage seront prévues dans le coffrage afin d'éviter des hauteurs de chute du béton trop importantes.

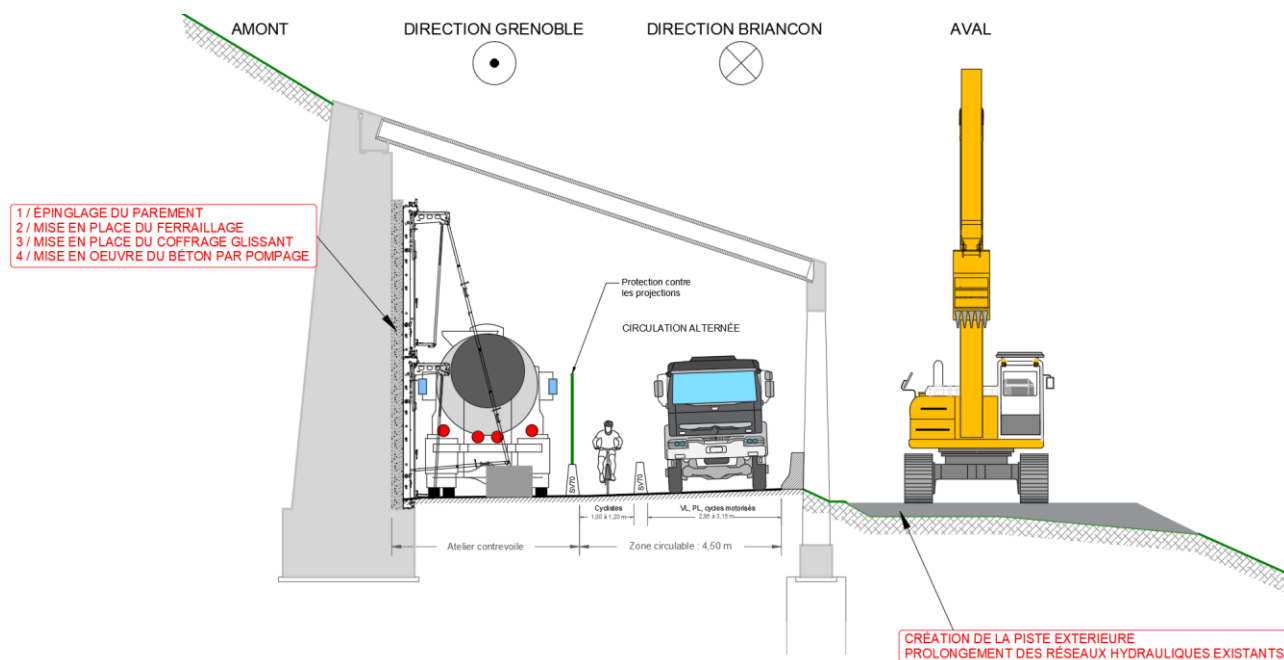


Figure 25 : Extrait du carnet de phasage - Réalisation du contrevoile

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Réalisation épinglement mur amont et contrevoile de 25 cm	7,5 ml / jour	1 chef d'équipe 5 compagnons	Coffrage 1 face 1 nacelle élévatrice Perforateur + mèche D20

d) Démolition de l'ancienne galerie

Afin de sécuriser l'ensemble des acteurs du projet, la démolition de l'ancienne structure se fera en partie de nuit (pour la dépose de la toiture) et en partie de jour. Chaque étape de la démolition/déconstruction est détaillée dans la suite de ce chapitre.

Dépose des dalles élégies

La cinématique de dépose des dalles élégies est décrite ci-dessous :

- ✓ **Phase 1 (de jour)** : Mise en œuvre d'un étaieement lourd type SL22 à l'amont et à l'aval sur l'ensemble d'une travée (environ 40 ml). Il s'agit ici d'un étaieement de sécurité, il n'a pas vocation à retenir les dalles car elles reposeront toujours sur la structure jusqu'au grutage,
- ✓ **Phase 2 (de jour)** : Sciage longitudinal des dalles pour les désolidariser de la structure amont et aval. À ce stade, les dalles restent liées transversalement entre elles. Cette phase de sciage se fait par le dessus de l'ouvrage. Les ouvriers seront protégés par la mise en place de garde-corps à l'amont et à l'aval (notamment à l'amont lorsque le terrain naturel n'est pas au niveau de l'arase supérieure du mur amont),
- ✓ **Phase 3 (de nuit)** : Les dalles seront déposées de nuit sous pilotage manuel. Plusieurs éléments à retenir durant cette phase :
 - Juste avant les phases de levage, les dalles seront détachées transversalement entre elles à l'aide d'un éclateur hydraulique. Le clavage transversal des dalles permet cette désolidarisation car il n'y a pas d'armatures de liaison entre deux éléments (étriers uniquement),
 - Lors du levage des dalles, la circulation sera **ponctuellement coupée** (environ 5 min) pour que les usagers soient en sécurité,
 - Les dalles sont déposées à l'aide d'une **grue sur chenilles 60-80 tonnes** et déposées sur des **camions plateau** (2 dalles par camions maximum pour ne pas avoir des convois trop chargés).
 - Les camions plateau vont décharger sur une zone tampon proche du chantier où se trouvera une grue mobile permettant les différentes manutentions nécessaires.

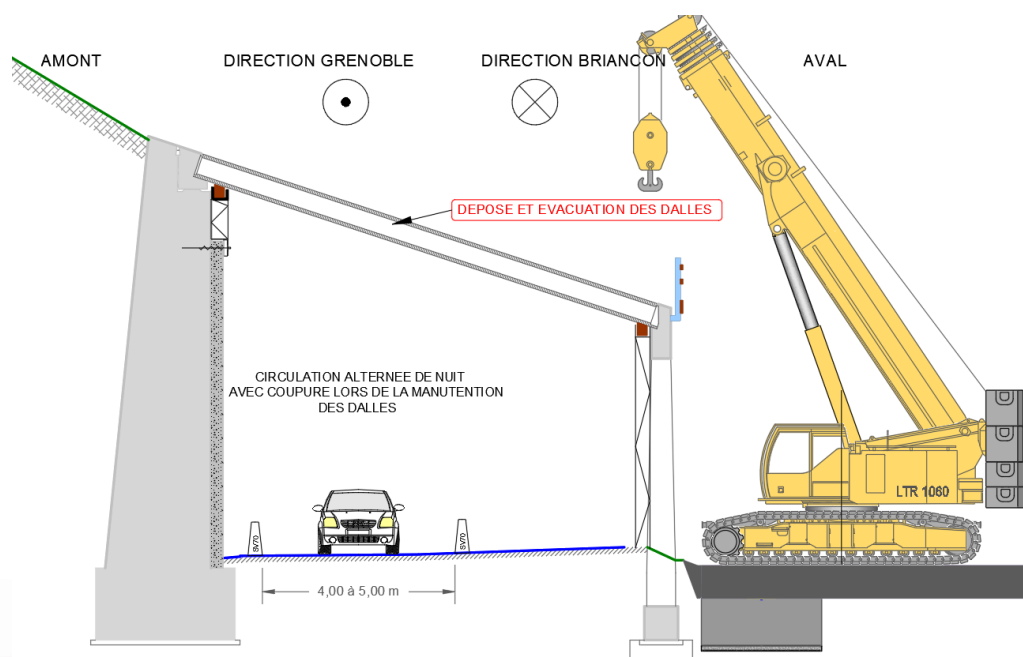


Figure 26 : Extrait du carnet de phasage - Phase de dépôt des dalles élégies

Démolition du mur amont

Le mur amont sera démolé en totalité uniquement sur la travée n°1 côté Briançon dans le but de redresser le tracé de la RD1091 pour améliorer le confort et la sécurité des usagers à l'arrivée sur le pont de Roche Noire.

Cette démolition se fera à la pelle 35-40 tonnes équipée d'un BRH avec la pelle disposée dans l'alignement de la structure amont afin d'avoir toujours un visuel sur les usagers de la RD. Un écran de protection contre les projections sera mis en place sur les séparateurs de voie afin de protéger les véhicules et les cyclistes.

Les déblais de démolition seront évacués par camions sur la zone tampon côté Grenoble pour traitement avant concassage et criblage.

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Démolition mur amont	40 m ³ / jour	Pour les deux ateliers : 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	Pour les deux ateliers : 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 BRH pour pelle 35 à 45 Tonnes Camions 8x4 pour évacuation

Écrêtage du mur

L'écrêtage du mur concerne les travées 2 à 10 (soit environ 342 ml). Il sera réalisé en deux phases :

1. Un pré-sciage horizontal sur environ 50 cm de profondeur afin d'assurer une arase supérieure propre du mur amont.
2. Après le pré-sciage, la démolition de la tête du mur se fera à la pince à béton (pour la poutre précontrainte amont) et au BRH pour le reste du béton de structure.

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Écrêtage du mur amont	40 m ³ / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 1 compagnon (aide/guide)	Atelier de sciage 1 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes + BRH Camions 8x4 pour évacuation

NOTA : Pour plus de précisions sur la démolition des poutres précontraintes, voir la partie suivante.

Démolition des poutres précontraintes

Pour sécuriser nos choix techniques, nous avons pris conseil auprès d'un spécialiste de la précontrainte afin de choisir le mode de démolition le plus adapté pour les poutres amont et aval précontraintes.

D'après les documents en notre possession, ces poutres sont précontraintes de la façon suivante :

- ✓ 4 câbles de 7 torons à 7 fils type C02 du procédé S.E.E.E pour les poutres aval,
- ✓ 2 armatures type C02 pour les poutres amont.

Les investigations précontrainte menées sur les poutres aval en 2007 montraient que la précontrainte était dans un état moyen (poutres de l'élargissement) à assez bon (poutres d'origine) et que la qualité d'injection était moyenne à mauvaise sur les poutres de l'élargissement et bonne sur les poutres d'origine.

Les défauts d'injection restent toutefois localisés, et d'après notre analyse et les préconisations reçues par notre partenaire spécialisé, il sera possible de procéder à la démolition de ces poutres à la pince à béton.

Par précaution et en accord avec le maître d'ouvrage, des auscultations complémentaires pourront être menées avant démolition.

Les déblais de démolition seront évacués par camion sur la zone tampon côté Grenoble pour traitement avant concassage et criblage.

Démolition des poteaux et semelle aval

Hormis les poutres précontraintes, la structure aval ne constitue pas une structure particulièrement complexe à démolir. Les poteaux et semelles aval seront démolis classiquement, à la pince à béton et au godet à l'aide d'une pelle 35-40 tonnes.

Les déblais de démolition seront évacués par camions sur la zone tampon côté Grenoble pour traitement avant concassage et criblage.

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Démolition structure aval (poteaux + semelle)	17 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 Pinces à béton Camions 8x4 pour évacuation

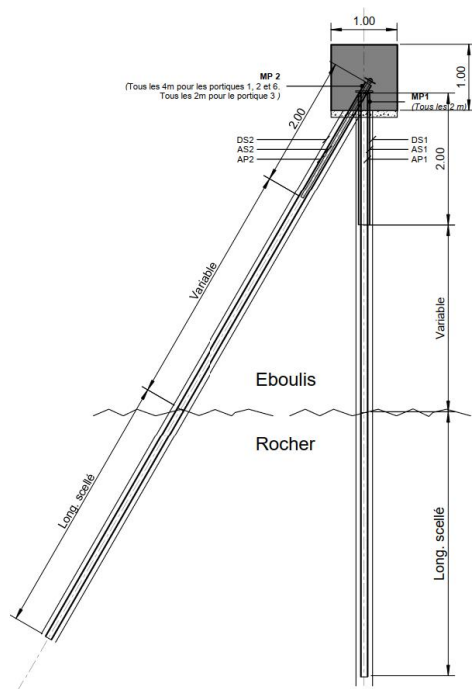
e) Reconstruction de la nouvelle galerie

La méthodologie de reconstruction des différents éléments de la nouvelle structure est décrite dans la suite de ce chapitre.

Réalisation des micropieux

Ces travaux de fondations profondes seront sous-traités car il s'agit d'une prestation spécialisée. Les micropieux seront principalement réalisés dès l'année 2024 car en majorité situés à l'extérieure des zones circulées. Le travail se fera en deux ateliers avec deux machines de forages indépendantes.

On rencontre 4 types de micropieux sur ce projet avec pour chaque type des armatures différentes en fonction des sollicitations de calcul de long de l'ouvrage. Pour plus d'informations sur les caractéristiques des micropieux, se référer à la notice G2 AVP.



Portique	Micropieu (*)	Armature Principale	Armature Secondaire	Longueur Armature Secondaire
1	Vertical MP1	114/12,5	177,8/12,5	2 ml
	Incliné MP2	114/12,5	177,8/12,5	2 ml
2	Vertical MP1	114/12,5	193,7/12,7	3 ml
	Incliné MP2	114/12,5	177,8/12,5	2 ml
3 (**)	Vertical MP1	177,8/12,5	GEWI+ 43	3 ml
	Incliné MP2	168,3/12,5	114/12,5	Long. AP
6 (*)	Vertical MP1	177,8/12,5	114/12,5	2 ml
	Incliné MP2	114/12,5	177,8/12,5	2 ml

(*) : Diamètre de scellement: 250mm pour portiques 1, 2 et 6. 300mm pour portique 3. Nuance des tubes pétroliers : N80.
(**) : Au niveau des travées 7 à 9 de la galerie existante, il y a une incertitude sur l'effet du déplacement latéral des éboulis sous séisme - cf. analyse G2-AVP

Longueur minimale de micropieux scellés dans le rocher : Portique 1, 2, 6 = 4 ml
Longueur minimale de micropieux scellés dans le rocher : Portique 3 - Verticaux = 5 à 6 ml
Longueur minimale de micropieux scellés dans le rocher : Portique 3 - Inclinés = 4 à 5 ml
La longueur totale de chaque micropieu dépendra de la stratigraphie réelle et des reconnaissances géotechniques complémentaires

Figure 27 : Extrait des coupes techniques - Caractéristiques des micropieux

NOTA : Les fiches techniques des machines de forages envisagées pour ces travaux sont annexées à cette notice.

Forage

Le forage sera réalisé à l'air comprimé en roto-percussion avec des diamètres et longueurs de forage conformes aux études d'exécution. La mise en place des armatures se fera manuellement, elles seront assemblées par manchons vissés.

Injection

Le coulis de ciment aura un rapport C/E conforme aux spécifications des normes en vigueur. L'injection sera effectuée à faible pression depuis le fond du forage à l'aide d'une tête d'injection vissée à l'armature tubulaire. Un complément d'injection sera réalisé après décantation.

Réalisation des semelles amont/aval

Les semelles aval sont par endroit adjacentes aux fondations de l'ouvrage existant. Nous avons adapté notre conception **afin de ne pas impacter la structure en place** durant la réalisation des semelles afin de ne pas déstabiliser l'ouvrage. Les largeurs de semelle du nouvel ouvrage ont ainsi été calibrées en conséquence et justifiées par le calcul. Pour plus d'informations à ce sujet, se référer à la **notice G2AVP** annexée à notre offre.

Les semelles seront réalisées par tronçons de 12 à 15 ml par jour. L'atelier de réalisation des semelles est constitué :

- ✓ D'un poste avancé de terrassement en tranchée et de mise en place d'un blindage si cela s'avère nécessaire (à ce jour, la profondeur des fondations de l'ouvrage existant n'étant pas connue, un réajustement des niveaux de fondation du nouvel ouvrage est à prévoir en phase PRO. Cela pourra entraîner la nécessité de blinder les tranchées lors du terrassement des semelles),
- ✓ D'un poste de mise en œuvre du ferrailage et du coffrage,
- ✓ D'un poste de bétonnage qui pourra se faire suivant plusieurs configurations en fonction de l'emplacement de la zone à bétonner :
 - Approvisionnement à la goulotte ou à la pompe à béton depuis la piste de chantier aménagée à l'aval,
 - Approvisionnement à la pompe à béton depuis la plateforme du mur amont pour les bétonnages au droit des travées 8 à 10,
 - Approvisionnement à la goulotte depuis l'intérieur de la galerie (voie descendante) pour des bétonnages ponctuels uniquement.

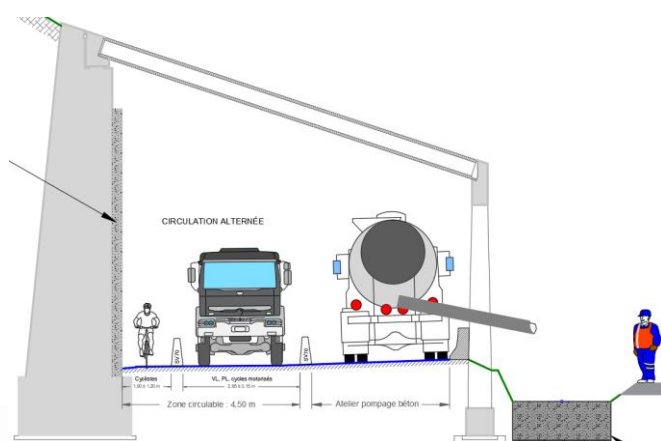


Figure 28 : Exemple de bétonnage ponctuel depuis l'intérieur de la galerie

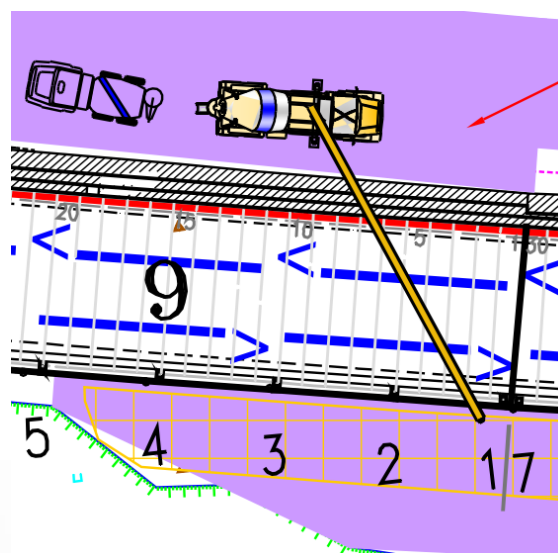


Figure 29 : Bétonnage à la pompe depuis la plateforme amont

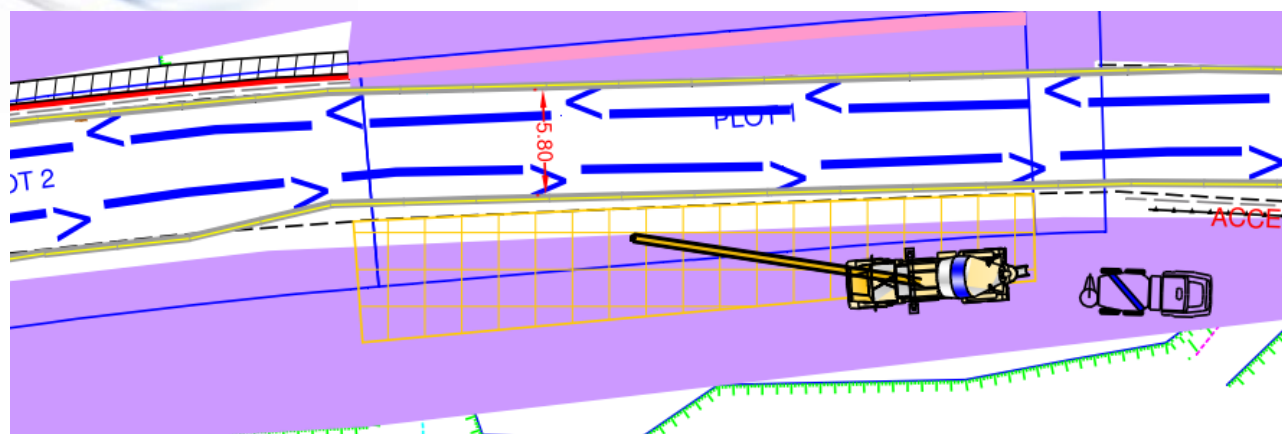


Figure 30 : Bétonnage à la pompe depuis la piste de chantier aval

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Démolition structure aval (poteaux + semelle)	17 ml / jour 2 ateliers (un par tête)	Pour les deux ateliers : 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	Pour les deux ateliers : 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 Pinces à béton Camions 8x4 pour évacuation

Réalisation des piédroits

La réalisation des piédroits se fera en deux ateliers afin d'augmenter les cadences de réalisation. Les ateliers débiteront chacun d'un côté de l'ouvrage (côté Grenoble pour l'atelier n°1 et côté Briançon pour l'atelier n°2).

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Réalisation des piédroits amont/aval	10 ml / jour 2 ateliers (un par tête)	Pour les deux ateliers : 2 chefs d'équipe 22 compagnons	4 jeux de banches modulaires (2 par atelier) Engin de levage (pelle ou manuscopique)

Les piédroits seront réalisés en béton coulé en place à l'aide de banches modulaires comme représenté sur la coupe de phasage ci-dessous :

AMONT

DIRECTION GRENOBLE

DIRECTION BRIANCON

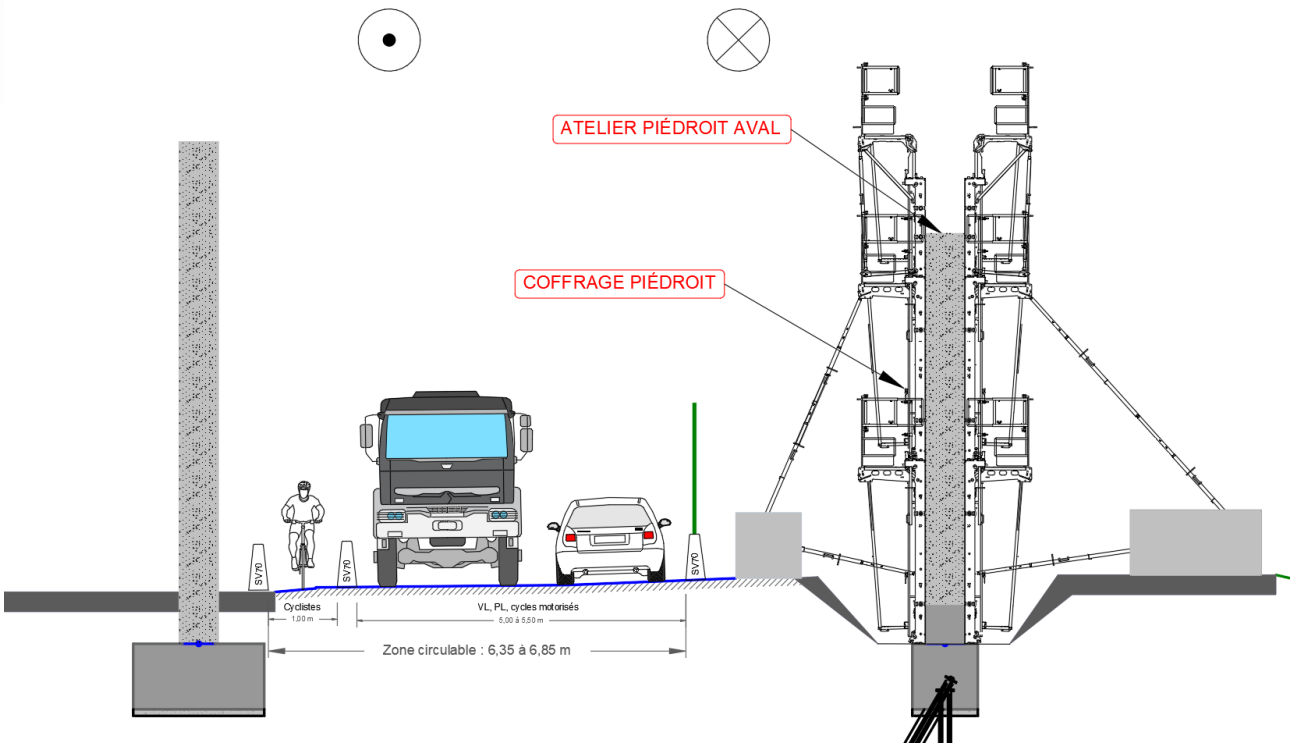


Figure 31 : Coupe au droit d'un poste de réalisation du piédroit aval

Chaque atelier sera équipé de deux jeux de banches, permettant à une équipe de coffrer un plot pendant que l'autre plot sera en phase de bétonnage ou de prise du béton avant décoffrage. Chaque train de banche sera équipé de plateformes de travail afin de permettre aux ouvriers de travailler en sécurité.

Ces banches seront manutentionnées à l'aide d'une grue mobile sur les deux ateliers.

Le piédroit aval ayant un parement matricé, les banches seront préalablement équipées des négatifs de coffrage et de la matrice en polyuréthane préalablement découpée suivant les recommandations de l'architecte.

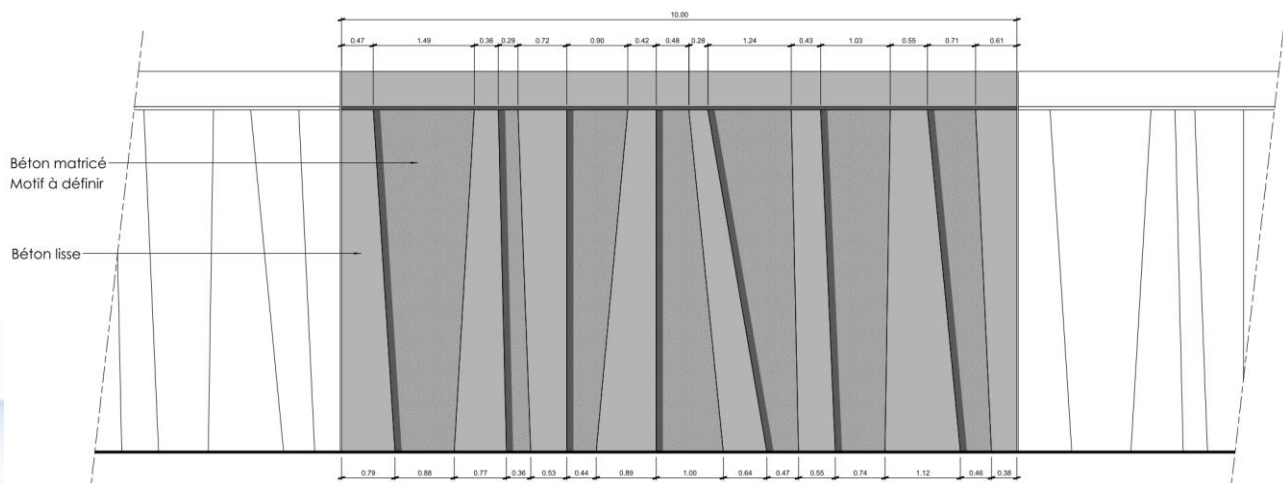


Figure 32 : Séquence de matricage retenue pour un plot de bétonnage

Réalisation de la traverse supérieure

Durant notre phase de conception du projet, nous avons étudié deux possibilités pour réaliser la traverse supérieure :

- ✓ Option n°1 : Couler les traverses en place à l'aide d'un coffrage de type tunnel,
- ✓ Option n°2 : Préfabriquer des dalles en usine et réaliser uniquement le clavage sur site.

Compte-tenu du contexte du site et des difficultés d'approvisionnement du béton, nous avons retenu l'option n°2 avec la réalisation de dalles préfabriquées en atelier. Cela présente plusieurs avantages :

- ✓ **Limiter considérablement les gênes sur l'exploitation** de la RD durant les travaux : Recourir à la préfabrication permet de s'affranchir d'un étaieement lourd en galerie ou de voies de circulation réduites de part la mise en place d'un coffrage tunnel. La configuration retenue permet de conserver deux voies circulables durant la réalisation de la traverse supérieure (à l'exception des opérations de pose qui se font de nuit sous pilotage manuel),
- ✓ **Travailler en usine pendant la période de viabilité hivernale** ou toute activité sur site est interdite,
- ✓ **Assurer une qualité de réalisation optimale** pour ces éléments dont le rôle structurel est majeur (meilleur contrôle de la qualité des bétons, du coffrage, etc...),
- ✓ **Augmenter la cadence de réalisation** de la traverse. Notre planning travaux permet de proposer la démolition/reconstruction de la galerie en 14 mois d'exécution, ce qui est en partie possible grâce au recours à la préfabrication de certains éléments.

Phase de pose des dalles préfabriquées

Afin de limiter toute gêne sur l'exploitation, les dalles préfabriquées seront posées de nuit sous pilotage manuel et sous alternat (une seule voie de circulation) :

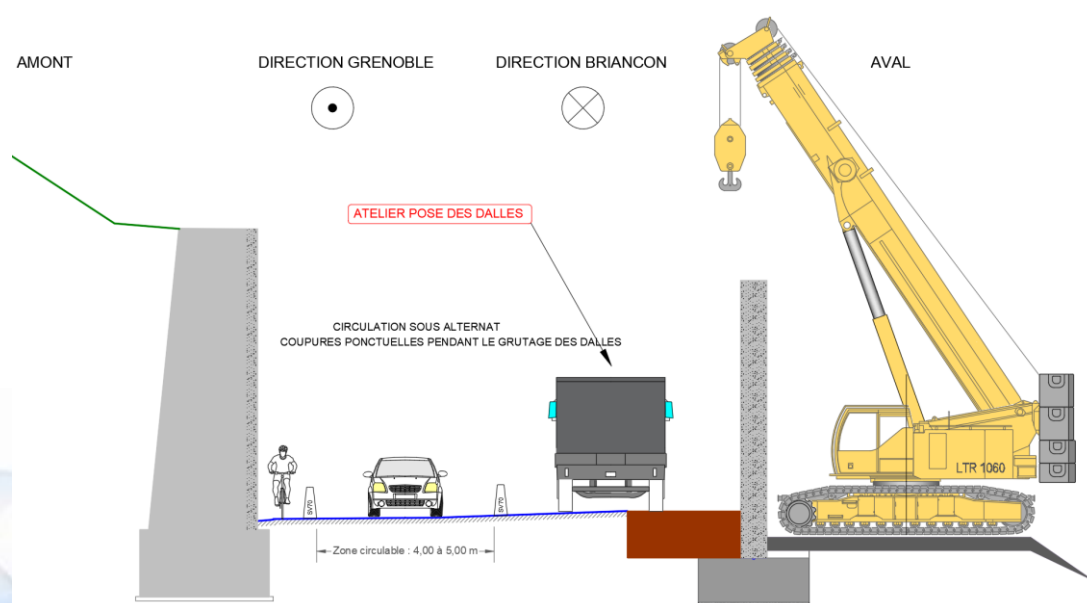


Figure 33 : Configuration travaux lors de la pose des dalles de nuit

Phase de clavage des dalles préfabriquées

Après la pose, les dalles seront clavées longitudinalement et transversalement afin d'assurer une liaison monolithique entre elles. La liaison piédroit/traverse se fera à l'aide des aciers en attente des piédroits qui seront repliés dans la zone de clavage longitudinal de la traverse. Le principe de clavage est décrit sur le schéma ci-dessous :

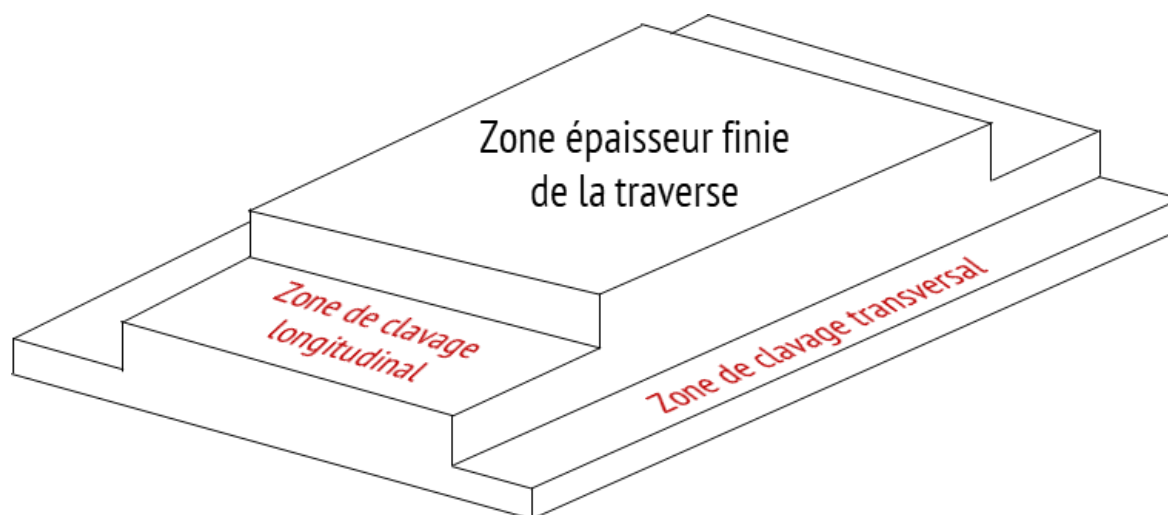


Figure 34 : Géométrie envisagée pour les dalles préfabriquées et zones de clavage

Durant ces différentes étapes, des protections collectives seront mises en place le long de la tête des piédroits afin de sécuriser les ouvriers qui seront sur la traverse pour les opérations de coffrage, ferrailage et bétonnage. Pour cela nous avons provisionné dans notre offre l'utilisation de plateforme PTE comme représenté ci-dessous :



Figure 35 : Exemple de plateforme PTE

Réalisation des têtes de l'ouvrage

Les têtes d'ouvrage sont travaillées architecturalement afin de présenter un effet dynamique en s'affinant de bas en haut et de l'intérieur vers l'extérieur. La méthodologie de réalisation retenue est d'utiliser un coffrage traditionnel avec étaieage et profilés métalliques, tout en s'assurant d'un gabarit de passage suffisant pour les véhicules.

Le principe du coffrage retenu est illustré ci-dessous :

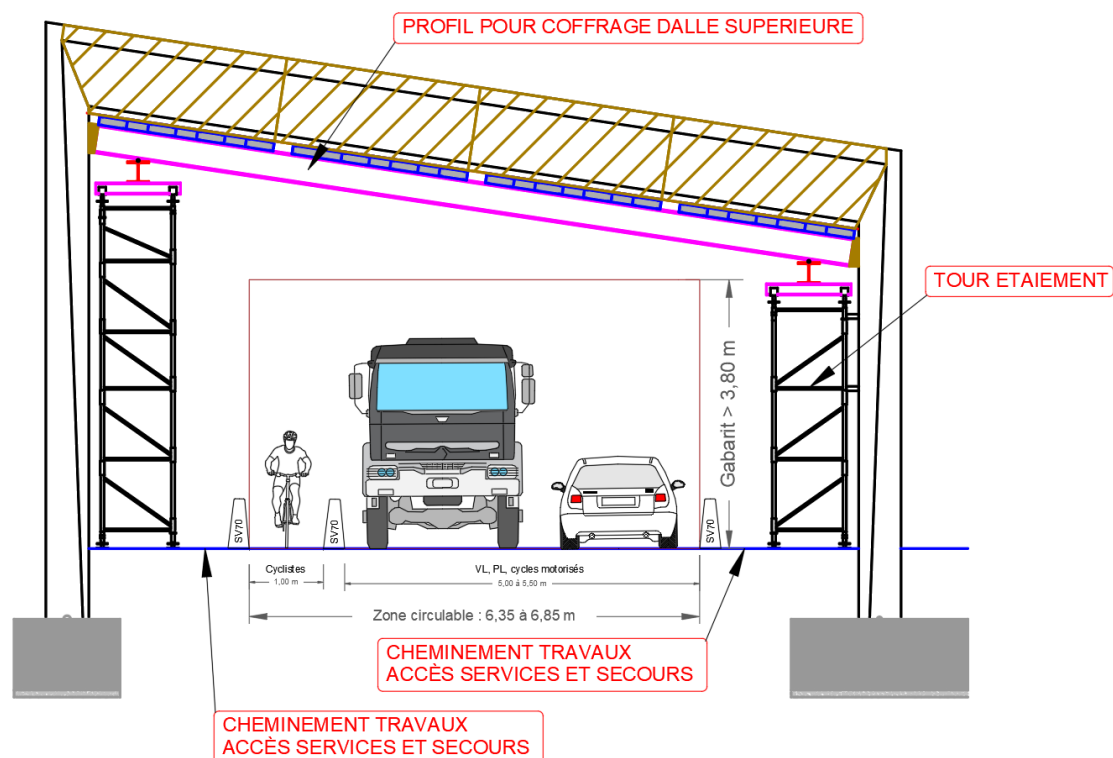


Figure 36 : Vue en élévation du coffrage des têtes d'ouvrage

Le gabarit de passage des véhicules sera supérieur à celui demandé dans le DCE, permettant ainsi de conserver une marge de sécurité suffisante.

De part et d'autre de la zone circulée, des séparateurs de voie sont prévus afin de permettre un cheminement piéton pour le personnel travaux, mais également permettre un cheminement de service ou de secours dans le cas où un problème surviendrait en galerie.

NOTA : Pour plus de détails, se référer au carnet de phasage et autres plans annexés à notre offre.

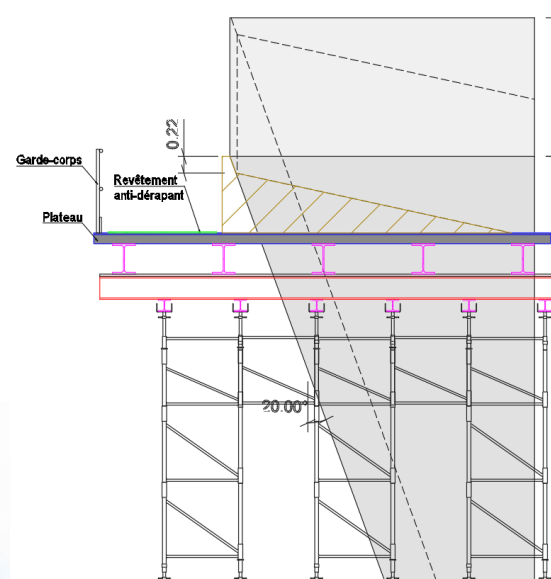


Figure 37 : Élévation latérale du coffrage des têtes d'ouvrage

Acrotères sur la traverse supérieure

Les acrotères seront réalisés en deux ateliers, à l'aide de coffrages manportables déposés préalablement à la grue à proximité de la zone de travail. Les coffrages étant manportables, les ouvriers pourront ensuite les déplacer de plot en plot sans avoir à recourir à un engin de levage.

Un acrotère sera également réalisé à l'amont de l'ouvrage lorsque le remblai à l'arrière de la structure ne sera pas présent sur toute la hauteur de l'ouvrage.

La conception de l'acrotère intègre les éléments suivants :

- ✓ Protection du drain par un géotextile et un matériau drainant afin d'éviter tout colmatage par les fines du remblai mis en œuvre sur la traverse,
- ✓ Étanchéité protégée par le remblai et intégrée dans une engravure dans l'acrotère, conformément aux dispositions de l'AFTES pour les ouvrages enterrés (**Recommandations du GT n°9** relatives à l'étanchéité des couvertures d'ouvrages enterrés à l'aide de systèmes à base d'asphalte ou de bitume) :

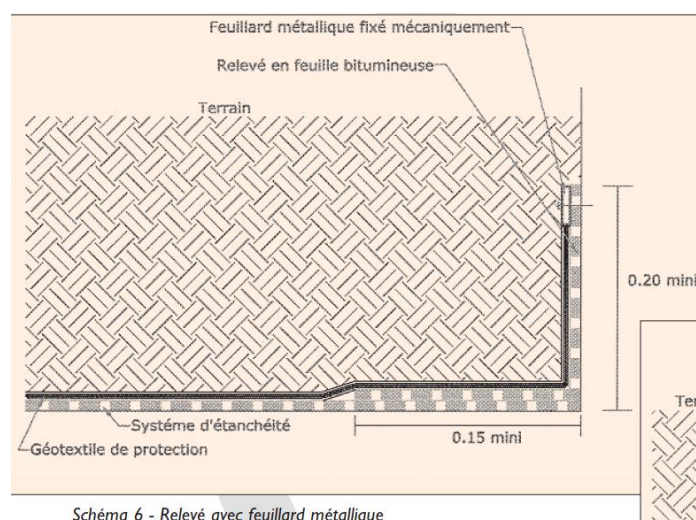


Schéma 6 - Relevé avec feuillard métallique

Détail Relevé d'étanchéité

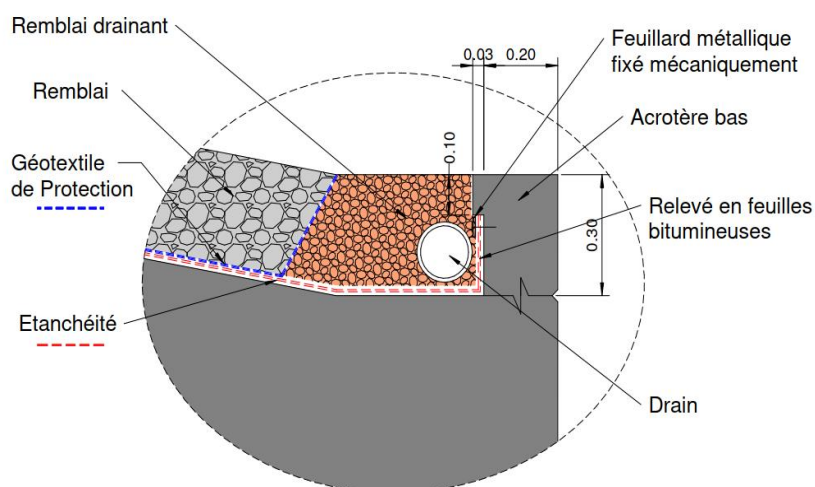


Figure 38 : Vue de détail des acrotères du projet (hors étanchéité)

Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Réalisation des acrotères	12 à 15 ml / jour 2 ateliers (un par tête)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 6 compagnons	Coffrage manuable 2 faces Petit outillage Engin de levage (grue mobile ou manuscopique)

Étanchéité de la traverse

Afin d'assurer la durabilité de l'ouvrage, une étanchéité par feuilles préfabriquées sera mise en œuvre sur la traverse. Les phases principales pour la méthodologie de mise en œuvre sont les suivantes :

1. **Nettoyage du support en béton**, notamment dans les zones de clavage qui peuvent présenter des défauts de planéité localisés,
2. **Application d'un enduit d'imprégnation** à froid sur l'ensemble de la surface,
3. **Mise en œuvre des feuilles préfabriquées** au chalumeau. Ces feuilles disposent déjà d'une couche de protection gravillonnée, il n'est donc pas nécessaire de les protéger davantage,
4. **Mise en œuvre des relevés d'étanchéité** dans l'engravure prévue à cet effet dans les acrotères.



Pour les moyens matériels et humains, il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Étanchéité par feuilles préfabriquées	270 m ² / jour par atelier	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 6 compagnons	Chalumeau Bouteilles de gaz Petit outillage

NOTA : Une durée minimale de 14 jours calendaires sera respectée entre le dernier bétonnage et l'application des feuilles préfabriquées conformément aux règles de l'art.

Remblai de couverture sur la traverse

Une fois l'étanchéité terminée, le remblai de couverture pourra être mise en place sur la galerie. Le matériau sera approvisionné à l'aide d'une chargeuse sur pneus par les rampes aménagées à l'amont de l'ouvrage de part et d'autre de la galerie. Un petit chargeur de type bobcat pourra ensuite travailler

sur la traverse en étalant le remblai à l'avancement afin de ne jamais circuler directement sur les feuilles d'étanchéité.

Lasures minérales

Cette prestation sera sous-traitée à notre sous-traitant pressenti, KEIM, expert dans ce domaine.

Le produit utilisé présente l'avantage de ne dégager aucune fumée ni produits toxiques et n'a donc pas d'impact direct sur l'environnement. Il est également ininflammable et ne nécessite pas d'entretien contrairement aux peintures habituellement utilisées.

L'application de ces lasures se fera dans la continuité du poste de réalisation des piédroits. La configuration du chantier et la surface à couvrir permettent de s'orienter vers une application du produit au pistolet. Les ouvriers seront à la fois à pied d'œuvre et sur nacelles élévatrices.

Équipements de l'ouvrage

Les équipements à mettre en place se situent à la fois en galerie et hors galerie.

Pour les équipements hors galerie, leur mise en place ne nécessite pas de circuler sous alternat, la circulation subsistera en double sens comme pour les autres tâches réalisées en 2025.

Pour les équipements en galerie, ils seront mis en place dans la continuité du poste de réalisation des lasures minérales. Les principaux équipements concernés par ce poste sont les suivants :

- ✓ Plots de jalonnement en partie basse des piédroits : Ces éléments pourront être posés à pied d'œuvre sans nécessiter de nacelle élévatrice,
- ✓ Panneaux de signalisation (extincteurs, PAU, issues de secours, etc...),
- ✓ Les équipements des niches (extincteurs, PAU, capteurs CO/NO, etc...),
- ✓ Les chemins de câbles à l'amont et à l'aval pour le passage des différents réseaux nécessaires à l'alimentation des équipements et transmissions télécom.

Certains équipements à disposer en partie haute des piédroits vont nécessiter le recours à une nacelle élévatrice pour leur mise en place (chemins de câbles, panneaux de signalisation, éclairage, etc...). La nacelle pourra circuler dans l'emprise de la largeur neutralisée dans l'ouvrage, sans toutefois entraîner de gêne à l'exploitation (double flux de circulation conservé durant cette phase).

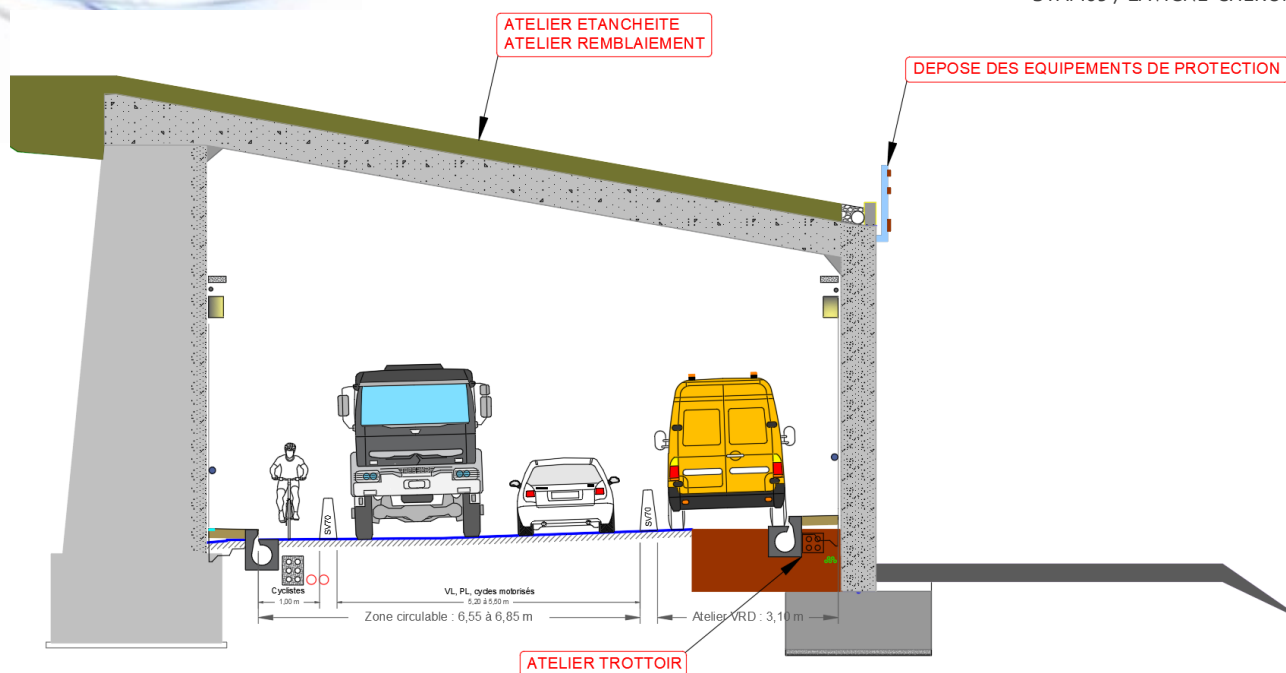


Figure 39 : Configuration lors de la pose des équipements à l'aval

Les équipements seront d'abord posés à l'aval puis à l'amont après basculement du balisage et de la circulation (ou inversement).

Pour les moyens humains et matériels il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Équipements	Variable suivant les équipements à poser	1 chef d'équipe 3 compagnons	Nacelle élévatrice Petit outillage

Travaux de VRD

Les travaux de VRD (multitubulaire, réseaux humides, caniveaux à fente, chambres de tirage, ...) se font dans la continuité des travaux d'équipement.

Plusieurs phases à considérer pour ce poste :

1. Terrassements en tranchée pour les multitubulaires amont/aval et pour les chambres de tirage. Cette phase comportera également une partie de démolition de chaussée préalable à l'amont,
2. Réalisation des multitubulaires amont/aval et pose des autres fourreaux (réseaux ENEDIS, réseaux ORANGE, etc...),

3. Réalisation des caniveaux à fente. À ce stade il est envisagé de réaliser les caniveaux à fente en extrudé puisque la configuration du chantier s'y prête bien et que l'espace disponible est suffisant pour travailler tout en conservant un double flux de circulation.
4. Finition des trottoirs, pose des bordures, remplissage des trottoirs et cunette de récupération des eaux provenant des drains forés.

Comme pour les équipements, on travaillera d'abord à l'amont/aval puis le balisage et la circulation sera basculé pour réaliser les travaux sur le côté opposé et conserver une double circulation durant toutes les phases.

Pour les moyens humains et matériels il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Multitubulaire amont / aval + divers fourreaux (yc terrassements en tranchées)	20 ml / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 3 compagnons	1 Pelle à chenilles 10-15 Tonnes 1 Plaque vibrante Petit outillage
Remplissage et finition des trottoirs + bordures préfabriquées	20 ml / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 3 compagnons	1 Pelle à chenilles 8-10 Tonnes Pince à bordure Petit outillage

Niches de sécurité

Niches amont dans mur amont

Les deux niches de sécurité qui seront à réaliser dans le mur amont nécessite de créer un renforcement dans le mur amont existant. Elles seront réalisées à l'aide du décapeur haute pression utilisé pour l'hydrodécapage du parement en 2024 ou d'une fraise hydraulique.

L'hydrodémolition ou la démolition à la fraise hydraulique permettent tout deux d'éviter de générer des vibrations dans la structure (qui ne sera pas encore totalement confortée).

L'hydrodémolition se fera en plusieurs passes pour arriver à la profondeur souhaitée (environ 1,25 m). Ces deux procédés sont plus pertinents qu'une démolition au BRH compte-tenu de l'intégrité de la structure en place.

Niches aval dans piédroit

Les deux niches de sécurité aval seront préfabriquées en usine et disposées dans des réservations préalablement prévues dans les piédroits.

La façade extérieure sera ensuite maçonnée conformément aux prescriptions architecturales.

Pour les moyens humains et matériels il est prévu :

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Niches de sécurité amont	5 jours / niche	1 chef d'équipe 3 compagnons	Décapeur haute pression Compresseur Bobcat sur roues Nacelle télescopique Petit outillage
Niches de sécurité aval	5 jours / niche	1 chef d'équipe 3 compagnons	Grue mobile ou manuscopique Coffrage manuable Petit outillage

Joint de la structure

Les différents joints rencontrés sur la structure sont listés ci-dessous avec leur traitement respectif :

- ✓ Joint entre deux éléments de piedroit aval : Il s'agit ici d'un joint de dilatation entre deux tronçons d'ouvrage. Il pourra être traité à l'aide d'un joint hydro-gonflant ou équivalent.
- ✓ Joint de dilatation du contrevoile amont : Ce joint est nécessaire au bon fonctionnement du contrevoile. S'il se trouve au droit d'une zone de venue d'eau, il sera traité conformément au principe de traitement retenue pour toutes les venues d'eau et arrivées d'eau diffuses. Ces figures sont extraites de la « *Note de méthodologie de construction* » (**Figure 23** et **Figure 24**) :

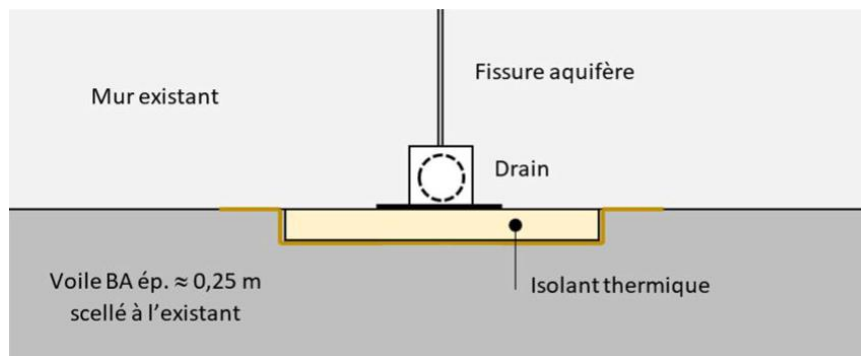


Figure 40 : Principe de traitement des fissures aquifères

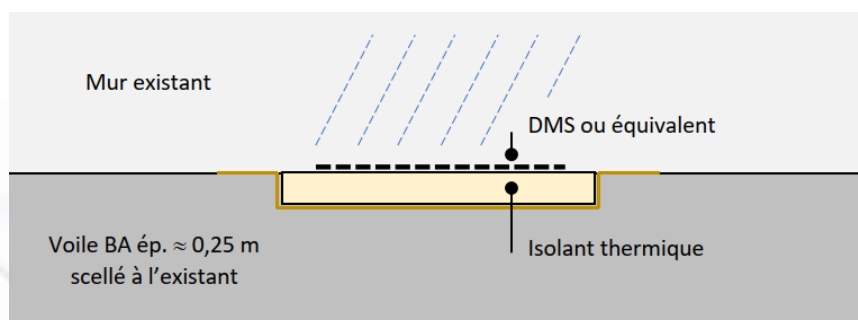


Figure 41 : Principe de traitement des venues d'eau diffuses

- ✓ Joint entre deux dalles préfabriquées : La présence de ce joint est liée à la méthodologie de construction retenue. Le recours aux éléments préfabriqués pour réaliser la traverse implique la présence d'un joint à la jonction entre deux éléments. En section courante, ces joints sont traités par clavage transversal puis application du complexe d'étanchéité. Au droit des joints de dilatation de la traverse, la mise en œuvre de l'étanchéité permet de supprimer toute venue d'eau en galerie par le biais de ces joints. Ci-dessous une illustration du traitement envisageable.

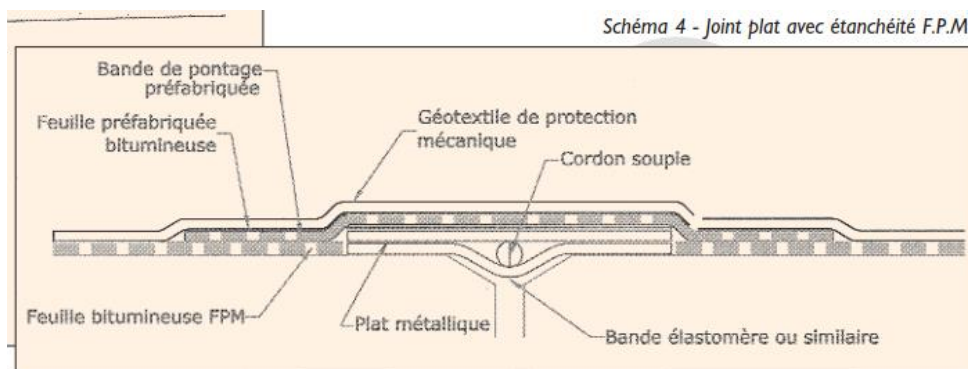


Figure 42 : Traitement du joint entre deux éléments préfabriqués

NOTA : Tous les joints seront traités contre les éventuelles venues d'eau, mais le mode de traitement sera affiné au cours des études d'exécution.

3. Moyens matériels et humains

Ce chapitre présente les moyens matériels et humains envisagés pour les principaux postes des travaux nécessaire à la réalisation de la galerie.

Afin d'optimiser le planning et de proposer un mode constructif impactant le moins possible l'exploitation de la RD 1091, certains travaux se feront en 2 ateliers pour réduire les délais de réalisation.

Le tableau ci-dessous indique également les cadences qui ont permis de construire le planning prévisionnel détaillé des travaux. Ces cadences sont issues des retours d'expérience des chantiers que nous avons déjà réalisés dans des conditions d'exécution similaires.

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
TRAVAUX PRÉPARATOIRE			
Purge paroi rocheuse	<i>Variable suivant les zones et les accès</i>	1 chef d'équipe 3 cordistes	Atelier de minage Canne à purge
Filet de protection chutes de blocs	<i>Variable suivant les zones et les accès</i>	1 chef d'équipe 3 cordistes	Machine de forage en falaise
Réalisation barrières à neige / pare-congères	<i>Variable suivant les zones et les accès et suivant le type de dispositif</i>	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 2 compagnons	1 Pelle sur chenilles 5 à 8 tonnes avec tarrière creuse Petit outillage
Dépose des glissières métalliques	50 ml / jour	1 chef d'équipe 2 compagnons	Petit outillage
TERRASSEMENTS			
Terrassements pleine masse	400 m ³ / jour	1 conducteur d'engin 1 compagnon (aide/guide)	1 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes
Terrassements en tranchée	40 à 60 m ³ / jour	1 conducteur d'engin 1 à 2 compagnons	1 Pelle sur chenilles 15 à 20 Tonnes
Décapage / Rabotage des enrobés	800 à 1000 m ² / jour	1 chef d'équipe 3 à 4 conducteurs d'engin 2 compagnons	1 Raboteuse 2 à 3 camions 8x4
Aménagement plateformes amont/aval	<i>Variable suivant les zones et les accès</i> <i>2 ateliers prévus</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (aide/guide)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes
TRAVAUX SPÉCIAUX			
Micropieux <i>NOTA : Moyens indiqués pour 2 ateliers</i>	3U / jour par atelier <i>2 ateliers (un par tête)</i>	1 chef d'équipe 2 foreurs 4 aides foreurs	2 ateliers de forage 2 groupes électrogènes 2 compresseurs 1 malaxeur double cuve
Ancrages passifs mur amont <i>NOTA : Moyens indiqués pour 2 ateliers</i>	3 à 4U / jour par atelier <i>2 ateliers (un par tête)</i>	1 chef d'équipe 2 foreurs 4 aides foreurs	2 ateliers de forage 2 groupes électrogènes 2 compresseurs 1 malaxeur double cuve

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Drains forés	4U / jour	1 chef d'équipe 1 foreur 2 aides foreurs	1 atelier de forage 1 groupe électrogène 1 compresseur
TRAVAUX DE DÉMOLITION			
Hydrodécapage du mur amont	35-40 m ² / jour	1 chef d'équipe 2 compagnons	Décapeur haute pression Compresseur Bobcat sur roues Nacelle télescopique
Sciage longitudinal des dalles élégies	35 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 1 chef d'équipe 4 compagnons	<u>Pour les deux ateliers :</u> Étalement type SL22 2 Ateliers de sciage
Dépose des dalles élégies	15 dalles par nuit par atelier <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 6 conducteurs d'engin 2 hommes-traffic (pilotage manuel)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Grues 100 tonnes 4 Camions plateau ou camions 8x4 2 Éclateurs hydraulique
Démolition poutres précontraintes amont/aval	17 ml / jour par atelier <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 Pinces à béton Camion 8x4 pour évacuation
Démolition structure aval (poteaux + semelle)	17 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 Pinces à béton Camions 8x4 pour évacuation
Démolition mur amont	40 m ³ / jour	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 2 conducteurs d'engin 2 compagnons (évacuation + aide/guide)	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 Pelles sur chenilles 35 à 45 Tonnes 2 BRH pour pelle 35 à 45 Tonnes Camions 8x4 pour évacuation

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
Écrêtage du mur amont	40 m ³ / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 1 compagnon (aide/guide)	Atelier de sciage 1 Pelle sur chenilles 35 à 45 Tonnes + BRH Camions 8x4 pour évacuation
TRAVAUX DE GÉNIE CIV			
Traitement des fissures aquifères	<i>Variable selon l'étendue des fissures au droit de la zone traitée</i>	1 chef d'équipe 2 compagnons	1 nacelle élévatrice Petit outillage
Réalisation épingle mur amont et contrevoile de 25 cm	7,5 ml / jour	1 chef d'équipe 5 compagnons	Coffrage 1 face 1 nacelle élévatrice Perforateur + mèche D20
Réalisation des semelles filantes amont et aval	12 à 15 ml / jour (en fonction de la section)	1 chef d'équipe 3 compagnons	Coffrage manuable 2 faces Petit outillage Engin de levage (pelle ou manuscopique)
Réalisation de la talonnette sur la semelle aval	12 ml / jour	1 chef d'équipe 5 compagnons	Coffrage manuable Engin de levage (pelle ou manuscopique)
Réalisation des piédroits amont/aval	10 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 22 compagnons	Banches modulaires Engin de levage (pelle ou manuscopique)
Réalisation longrine de couronnement du mur amont	10 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 10 compagnons	Banches modulaires Engin de levage (pelle ou manuscopique)
Pose des dalles préfabriquées supérieure et clavages <i>NOTA : Moyens indiqués pour 2 ateliers</i>	10 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	2 chefs d'équipe 10 compagnons	Panneaux de coffrage 1 face 2 Grues sur chenilles 60 à 80 Tonnes
Réalisation des acrotères	12 à 15 ml / jour <i>2 ateliers (un par tête)</i>	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 6 compagnons	Coffrage manuable 2 faces Petit outillage Engin de levage (grue mobile ou manuscopique)

Tâche considérée	Cadence envisagée	Moyens humains	Moyens matériels
SUPERSTRUCTURES			
Étanchéité par feuilles préfabriquées	270 m ² / jour par atelier	<u>Pour les deux ateliers :</u> 2 chefs d'équipe 6 compagnons	Chalumeau Bouteilles de gaz Petit outillage
Remblaiement de la traverse supérieure	80-90 m ³ / jour	<u>Pour les deux ateliers :</u> 1 chef d'équipe 3 conducteurs d'engins 2 compagnons (aide/guide)	1 chargeuse sur pneus 2 bobcat
Équipements	<i>Variable suivant les équipements à poser</i>	1 chef d'équipe 3 compagnons	Nacelle élévatrice Petit outillage
VRD - RÉSEAUX SECS / HUMIDES			
Multitubulaire amont / aval + divers fourreaux (yc terrassements en tranchées)	20 ml / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 3 compagnons	1 Pelle à chenilles 10-15 Tonnes 1 Plaque vibrante Petit outillage
Remplissage et finition des trottoirs + bordures préfabriquées	20 ml / jour	1 chef d'équipe 1 conducteur d'engin 3 compagnons	1 Pelle à chenilles 8-10 Tonnes Pince à bordure Petit outillage

#3 – Garantie de qualité et de respect des délais

a) Qualité des ouvrages exécutés

Béton : C40/50 pour les éléments visibles (piédroits et traverse supérieure). Ce béton est moins poreux que le C35/45 et présente donc une meilleure résistance aux cycles gel/dégel (une des pathologies de l'ouvrage existant) et présente une meilleure résistance vis-à-vis de la pénétration d'agents pathogènes.

Coffrages : Les huiles de décoffrage seront biodégradables comme demandé dans le DCE. La qualité des peaux de coffrage devra permettre d'éviter des défauts de parement pouvant entraîner des pathologies à court et long terme.

Isolation : Nous avons fait le choix de disposer une isolation au droit des fissures aquifères et des venues d'eau diffuses afin de réduire considérablement les cycles gel/dégel dans ces zones sensibles.

Drainage : Amélioration considérable de la gestion des eaux aux abords du projet par la réalisation de drains forés, la mise en œuvre de drains verticaux au droit des fissures aquifères, et d'un système de collecte des eaux à l'arrière du mur amont. Sans parler de l'assainissement intérieur à la galerie qui est considérablement amélioré par rapport à l'ancien ouvrage.

Tous nos choix de conception et méthodologiques ont été faits afin de garantir une qualité de réalisation optimale et assurer ainsi la durabilité de l'ouvrage souhaitée par le maître d'ouvrage.



b) Respect des délais

Les périodes d'exécution étant relativement restreinte (7 mois par an uniquement), nous avons fait le choix de doubler les ateliers pour certaines tâches situées sur le chemin critique. Le doublement des ateliers est surtout condensé sur l'année 2025, pour **fiabiliser** la démolition / reconstruction sur une période de 7 mois.

La longueur du chantier est telle que les différents ateliers sont suffisamment distants pour ne pas interférer sur les contraintes d'exploitation ou d'approvisionnement.

Les travaux qui seront réalisés en deux ateliers sont listés ci-dessous :

- ✓ Micropieux et semelle de couronnement aval,
- ✓ Dépose des dalles élégies,
- ✓ Démolition des poutres précontraintes,
- ✓ Démolition de la structure aval,
- ✓ Réalisation des piédroits,
- ✓ Pose des dalles préfabriquées,

- ✓ Clavage des dalles préfabriquées,
- ✓ Réalisation des acrotères,
- ✓ Étanchéité de la traverse supérieure,
- ✓ Remblaiement de la traverse supérieure,
- ✓ Mise en œuvre des équipements,
- ✓ Travaux de VRD,
- ✓ Application des lasures minérales.

Les outils/matériels nécessaires à la réalisation de ces travaux seront adaptés en conséquence afin de permettre ce travail en deux ateliers indépendants.

c) Cohérence et pertinence de la durée et de l'enchaînement des tâches

Durée des tâches

La durée de chaque tâche est calculée sur la base des cadences indiquées dans le tableau figurant en **partie 3** du **chapitre #2** de ce document. Ces cadences sont issues de retours d'expérience de nombreux chantiers que nous avons déjà réalisés dans des conditions d'exécution similaires.

Enchaînement des tâches

Pour déterminer l'enchaînement des tâches et construire le planning détaillé, il a été pris en compte l'ensemble des contraintes associées au site, aux tâches à réaliser et aux matériaux utilisés, à savoir :

- ✓ Les temps de prise du béton avant décoffrage,
- ✓ Les temps de montée en résistance du béton avant réalisation des élévations (*exemple : enchaînement semelle/piédroit ou piédroit/traverse*),
- ✓ Les temps de prise du béton avant mise en œuvre de l'étanchéité sur la traverse supérieure (14 jours calendaires de prise sont nécessaires au minimum),
- ✓ Les phases de bétonnage ont été planifiées en dehors des périodes météorologiques sensibles. Ainsi, nous avons évité de planifier des bétonnages les 3 premières semaines d'Avril où il peut encore y avoir de la neige et au mois d'Octobre où les conditions météorologiques peuvent rapidement se dégrader,
- ✓ Les travaux d'enrobé ont été planifiés en dehors des périodes météorologiques sensibles, c'est-à-dire en avril et en octobre où les températures peuvent être trop basses,
- ✓ La proximité des postes de travail a été prise en compte dans la planification et le phasage,
- ✓ Les contraintes d'approvisionnement du béton et des matériaux granulaires (les volumes de bétonnage journaliers ont été lissés afin d'éviter des gros bétonnages surdimensionnés par rapport aux centrales à béton avoisinantes),

- ✓ Les conditions d'exécution (cadences réduites lorsque l'emprise disponible pour travailler est réduite ou lorsque la proximité à la circulation impose des protections plus longues à mettre en place),
- ✓ Aucun démarrage des travaux sans que la signalisation de chantier soit en place et opérationnelle,

Les jours fériés ont été décomptés du planning comme étant des jours non travaillés, à savoir :

ANNÉE 2024	
Jours fériés	Dates
Lundi de Pâques	Lundi 1er avril 2024
Fête du travail en France	Mercredi 1er mai 2024
Victoire 1945	Mercredi 8 mai 2024
Jeudi de l'Ascension	Jeudi 9 mai 2024
Dimanche de Pentecôte	Dimanche 19 mai 2024
Lundi de Pentecôte	Lundi 20 mai 2024
Fête nationale	Dimanche 14 juillet 2024
Assomption	Jeudi 15 août 2024

ANNÉE 2025	
Jours fériés	Dates
Lundi de Pâques	Lundi 21 avril 2025
Fête du travail	Jeudi 1er mai 2025
Victoire 1945	Jeudi 8 mai 2025
Jeudi de l'Ascension	Jeudi 29 mai 2025
Dimanche de Pentecôte	Dimanche 8 juin 2025
Lundi de Pentecôte	Lundi 9 juin 2025
Fête nationale	Lundi 14 juillet 2025
Assomption	Vendredi 15 août 2025

NOTA : Le planning détaillé est annexé à notre offre et conforme aux éléments précités.

Mise en service des équipements

La mise en service des équipements a également été un point très important pour la constitution du phasage des travaux et du planning. Notamment pour l'éclairage en galerie, où nous avons une contrainte de mise en service avant fermeture complète de la galerie. Pour planifier la mise en place de l'éclairage, nous nous sommes basés sur les préconisations du dossier pilote éclairage du CETU pour les tunnels courts de moins de 300 m (ce qui sera notre cas en phase chantier) :

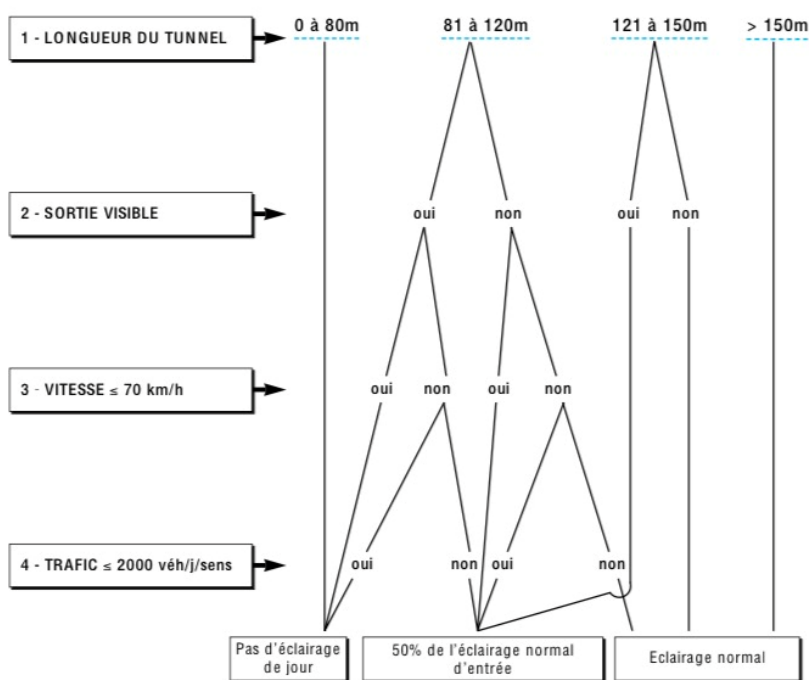
3.3 - Tunnels interurbains à fort trafic ou à vitesse importante

Le présent paragraphe concerne les tunnels interurbains dont le trafic d'un sens de circulation dépasse 2 000 véhicules par jour en moyenne annuelle, ou dont la vitesse autorisée est supérieure à 70 km/h.

C'est le cas général des tunnels sur autoroutes ou routes de catégorie exceptionnelle. Le trafic est important ou la vitesse élevée, mais l'approche est dégagée et le tracé présente de bonnes caractéristiques. Les piétons et cyclistes sont interdits.

3.3.1 - Tunnels bidirectionnels

Les principaux éléments du choix de l'éclairage sont présentés dans l'arbre de décision n° 2, où les mentions "sortie visible" et "éclairage normal" ont la même signification qu'au § 3.2.



▲ Arbre de décision n° 2 - Tunnels interurbains à fort trafic ou à vitesse élevée - Circulation bidirectionnelle

Figure 43 : Extrait du dossier pilote éclairage du CETU

Notre phasage a donc été adapté en conséquence, et nous prévoyons de mettre en service l'éclairage en galerie plus de 10 jours ouvrés avant la fin des poses des dalles préfabriquées.

Lors de la mise en service de l'éclairage, la configuration rencontrée sera la suivante :

118 ml de galerie fermée (dalles posées côté Briançon)	271 ml de zone ouverte (piédroits réalisés mais sans dalles)	101 ml de galerie fermée (dalles posées)
--	--	--

La configuration lors de la mise en service de l'éclairage est donc conforme aux prescriptions du dossier pilote du CETU car :

- ✓ Les sorties des zones fermées seront visibles par les usagers,
- ✓ La vitesse sera inférieure à 70 km/h (zone chantier).

d) Marge libre et intempéries

Notre planning intègre, conformément au chapitre 7.3 du CCAP, 15 jours d'intempéries prévisibles inclus dans la période allant du 1^{er} Avril au 31 Octobre de chaque année d'exécution.

La marge libre disponible pour chaque année de travaux est également matérialisée, permettant ainsi de fiabiliser notre planning avec la possibilité de gérer des aléas qu'il n'est à ce stade pas possible de prévoir.



Figure 44 : Extrait du planning détaillé – Marge libre & intempéries – Année 2024

e) Réseaux

Pour limiter les risques liés aux travaux à proximité des réseaux souterrains, enterrés, subaquatiques ou aériens, les DICT seront systématiquement relancées tous les 6 mois et notamment avant chaque nouvelle période d'exécution.