

Syndicat Intégré Assainissement et Rivière de la
Région d'Enghien-les-Bains
Service Environnement et Milieux Aquatiques

1 rue de l'Égalité - 95230 SOISY-SOUS-
MONTMORENCY

Pôle Cycle de l'eau IDF

140 Avenue Jean Lolive
93500 PANTIN

OUVRAGE FLUVIAL SUR LE RU DE MONTLIGNON « BUSE MONT30 » RUE LAFAYETTE A EAUBONNE



Rapport Projet

Avril 2023

AFFAIRE N° STV-20-01973
INDICE 2

Rédacteur

J. LANDAUD

Vérificateur

B. PENVEN

Approbateur

A. QUETTE

VISA



TABLE DES MATIERES

1	PREAMBULE	4
2	PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	6
3	CONTRAINTES A LA REALISATION DES TRAVAUX	10
3.1	MILIEU NATUREL.....	10
3.2	CIRCULATION ROUTIERE	12
3.3	EXPLOITATION DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT.....	14
3.4	HABITATIONS	16
3.5	CONCESSIONNAIRES	17
3.6	PRESENCE D'AMIANTE	18
3.7	ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE	19
4	SOLUTION RETENUE.....	20
4.1	CANALISATION.....	20
4.2	ACCES A L'OUVRAGE.....	21
4.3	AMENAGEMENT DES CONNEXIONS AMONTS ET AVAL	22
4.3.1	<i>Connexion amont : conservation d'un aménagement végétalisé en biseau</i>	<i>22</i>
4.3.2	<i>Connexion aval : connexion sur ouvrage génie civil.....</i>	<i>24</i>
5	VERIFICATION HYDRAULIQUE.....	25
6	DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL.....	27
6.1	DOCUMENTS NORMATIFS ET REGLEMENTAIRES.....	27
6.2	HYPOTHESES DE CALCUL	28
6.2.1	<i>Principe de la modélisation</i>	<i>28</i>
6.2.2	<i>Hypothèses sur les matériaux</i>	<i>29</i>
6.2.3	<i>Hypothèses sur le chargement</i>	<i>32</i>
6.3	MODELISATION	35
6.4	VERIFICATION DE LA TENUE DES CONDUITS	37
6.5	DIMENSIONNEMENT DE LA DALLE.....	38
6.5.1	<i>Sollicitations</i>	<i>38</i>
6.5.2	<i>Dimensionnement du ferrailage.....</i>	<i>39</i>
7	AMENAGEMENTS PROJETE	41
7.1	MISE A SEC DE L'OUVRAGE.....	41
7.2	RECONSTRUCTION DE L'OUVRAGE.....	47
7.3	SUJETIONS PARTICULIERES A LA SOLUTION PRV.....	50
7.4	BLINDAGE DE LA TRANCHEE.....	51
7.5	MISE HORS D'EAU DE LA TRANCHEE	56
7.6	DUREE DES TRAVAUX.....	56
8	DETAIL ESTIMATIF DU MONTANT DES TRAVAUX.....	57

ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT EXISTANTS

ANNEXE 2 : RECEPISSES DES DT

ANNEXE 3 : RESULTATS DES ANALYSES AMIANTES SUR ENROBES

ANNEXE 4 : RELEVÉ DU RESEAU D'EAU PLUVIAL (FAYOLLE – NOV 22)

ANNEXE 5 : RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE

ANNEXE 6 : NOTE DE SYNTHÈSE RELATIVE A L'ÉLIGIBILITÉ DU PROJET A LA LOI SUR L'EAU

ANNEXE 7 : PLAN DU RESEAU PROJETÉ

ANNEXE 8 : ESTIMATION FINANCIÈRE DES TRAVAUX

INDICE	DATE D'APPROBATION	DESCRIPTION DE L'ÉVOLUTION
0	JANVIER 2023	Emission originale
1	Mars 2023	Compléments suite remarques SIARE, DDT et communauté d'agglomération Val Parisis
2	Avril 2023	Compléments suite à remarques SIARE

1 PREAMBULE

Suite à la détérioration de l'ouvrage de franchissement du Ru de MONTLIGNON situé à la limite des parcelles 40, 42, et 44, 406, le SIARE a sollicité le bureau d'études INFRANEO Structure & Réhabilitation pour une étude d'expertise sur le remplacement de l'ouvrage.

La mission concerne la partie conception de l'opération de maîtrise d'œuvre :

- ✓ Mission AVP ;
- ✓ Mission PRO ;
- ✓ Mission ACT jusqu'à l'analyse des offres.

Une étude pour une éventuelle éligibilité à un dossier loi sur l'eau est également réalisée dans le cadre de cette mission par la société INGETEC.

L'objectif de ces travaux est de remplacer la conduite existante par un nouvel ouvrage afin de permettre le rétablissement de ses fonctions structurelles.

La capacité hydraulique de l'ouvrage existant sera conservée.

Un rapport AVP a été réalisé en août 2022, présentant plusieurs solutions de réhabilitation. La solution de reconstruction par un ouvrage en PRV, avec regard intermédiaire, a été retenue.

Suite au rapport AVP, des investigations géotechniques ont été réalisées, avec la réalisation :

- ✓ d'un sondage de reconnaissance géotechnique pour essais pressiométriques ;
- ✓ d'un sondage de reconnaissance géotechnique à la tarière continue ;
- ✓ d'un essai de perméabilité de type Lefranc ;
- ✓ d'analyses en laboratoire des sols prélevés pour classement GTR.

D'autre part, les ouvrages d'assainissement EU et EP au droit de l'ouvrage ont fait l'objet d'un levé par leur exploitation pour déterminer leur fonctionnement.

En particulier, l'absence de rejet du réseau EP dans le ru de Montlignon a été validée.

Enfin, afin de faciliter la mise hors d'eau de l'ouvrage en phase travaux, la possibilité de déviation des effluents par l'ouvrage Marcelin Berthelot en amont a été étudiée.

Le présent rapport a pour objectifs :

- De présenter la solution retenue ;
- D'établir le dimensionnement et l'implantation topographique de l'ouvrage ;
- De réaliser le prédimensionnement des blindages ;
- De définir la solution de mise hors d'eau de l'ouvrage en phase travaux.
- D'établir les coûts des travaux ;
- D'établir le planning de phasage des travaux.

Les plans de situation et de masse du réseau unitaire, ci-après, présentent les secteurs concernés.

PLAN DE SITUATION

(Commune d'EAUBONNE)



Le plan des réseaux existants est joint en annexe 1.

2 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage « BUSE MONT30 » objet de l'étude est une canalisation Ø1000 en béton armé en éléments préfabriquée de 50 cm de longueur. D'une longueur totale de 8 ml, cet ouvrage constitue la traversée sous la rue Lafayette à EAUBONNE du ru de Montlignon.

L'ensemble de l'ouvrage est donc sous chaussée.

L'écoulement des effluents se fait depuis l'amont (PM0 - côté Nord) vers l'aval (PM 8 - côté Sud).

Un regard de visite est présent sur la chambre de section rectangulaire localisée entre le PM2 et le PM3. Ce regard est localisé sous chaussée.

Deux raccordements de branchement sont présents dans l'ouvrage au PM2,5 (4h) et au PM7 (9h).

Ces deux raccordements sont hors service.

En amont et en aval de cette section circulaire, le ru de Montlignon est canalisé dans un ouvrage de 1,5 m de large.

Seule la berge gauche de la section à ciel ouvert en amont de la buse est végétalisée.

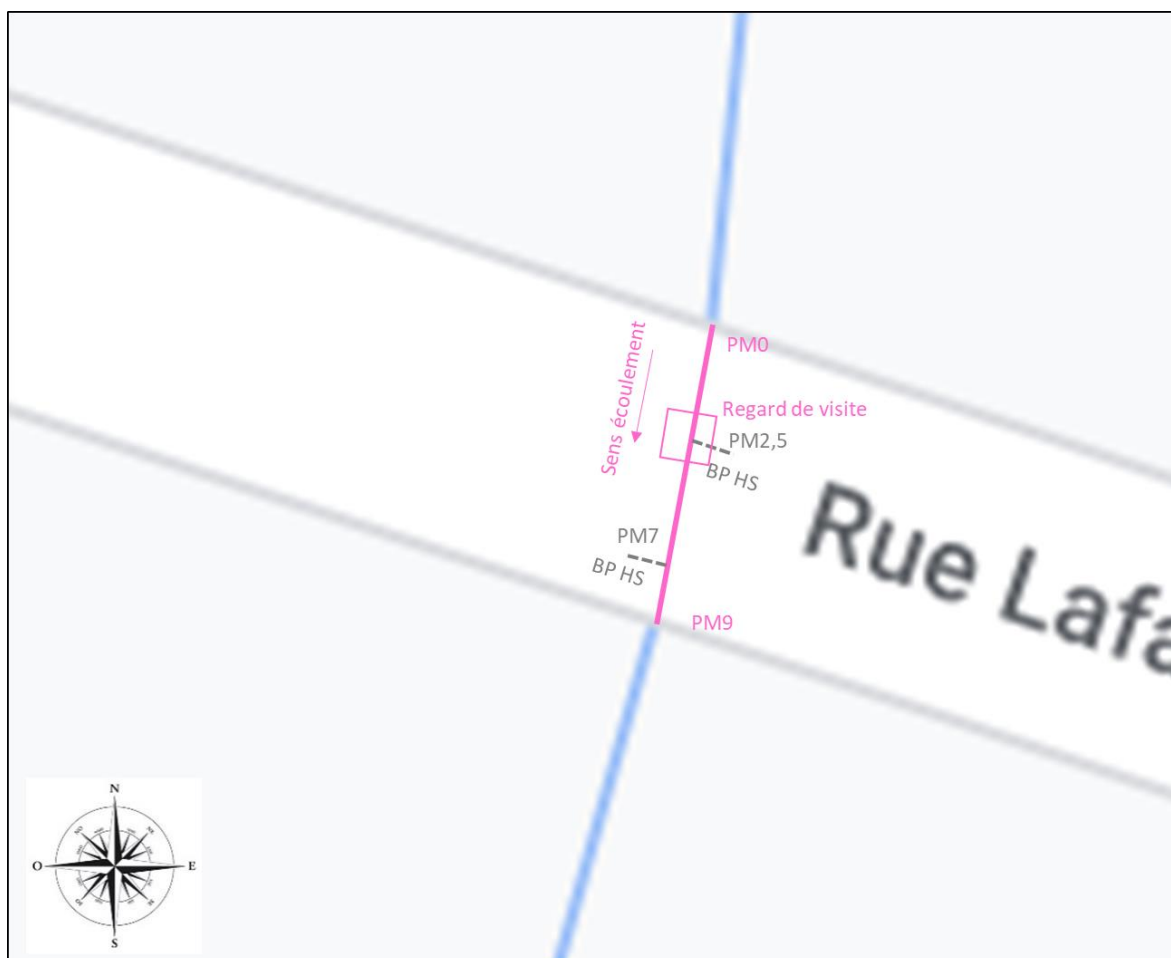


Schéma de l'existant

Afin de comprendre les facteurs ayant conduit à la dégradation de l'ouvrage, une inspection visuelle de l'ouvrage a été réalisée en juin 2021. Cette inspection a mis en évidence la présence de nombreuses fissures longitudinales, généralement ouvertes de 6 à 8 mm.

Ces fissures, principalement localisées à 1h et 10h, présentent des rejets d'environ 3 à 5 mm.

Localement, une fissure de 40 mm d'ouverture avec un rejet de 20 mm a été observée sur l'extrémité aval entre le PM7 et le PM8 (environ 1 ml).

Ces fissures traduisent un affaiblissement structurel important de l'ouvrage. En effet, l'ouvrage est localisé sous chaussée sous très faible couverture de sol. Les sollicitations dynamiques routières ont entraîné des surcharges sur l'ouvrage, provoquant sa fissuration.

Les photos ci-après illustrent ces désordres.



Amont - Vue de l'extrémité amont (PM0)



PM0 - Vue générale vers l'aval



PM1 - Fissure longitudinale en clé (4 mm)



PM2,5 - Raccordement de branchement obstrué côté gauche



PM2 – Vue vers l'aval : zone rectangulaire au droit du regard



PM4 – Fissure longitudinale à 10h (5 mm) avec rejet (4 mm)



PM4 – Fissure longitudinale à 1h (9 mm) avec rejet (7 mm)



PM5 – Vue générale vers l'aval : multi-fissuration ouverte



PM4 – Vue général vers l'amont



PM7 – Raccordement de branchement obstrué à 9h



PM7,9 – Fissure longitudinale à 3h (2 mm)



PM7,9 – Fissure longitudinale à 1h (40 mm) avec rejet (20 mm)



Aval – Vue de l'extrémité de la fissure à 1h



Aval – Vue de l'extrémité aval (PM8)

L'importance des désordres et la déformation de l'ouvrage ne permettent pas une réhabilitation par chemisage structurant polymérisé en place.

Une solution par tubage avec vide annulaire injecté permettrait une réhabilitation sans tranchée. Cependant, ce type de réhabilitation engendrerait une réduction de section de l'ordre de 15 cm, non compatible avec le souhait de la part du SIARE de conserver le dimensionnement hydraulique de l'ouvrage existant.

Ainsi, des travaux de reconstruction en tranchée sont préconisés pour restructurer l'ouvrage.

3 CONTRAINTES A LA REALISATION DES TRAVAUX

3.1 Milieu naturel

L'ouvrage concerné par les travaux est un ru canalisé. Ainsi, l'impact sur le milieu naturel est à prendre en compte pour la réalisation des travaux.

L'étude des enjeux environnementaux a permis de soulever les conclusions suivantes :

- Après consultation des données, aucun zonage environnemental inventorié ou réglementaire n'est recensé dans les environs du projet : aucune ZNIEFF, ni ZICO, ni APB, ni réserve naturelle ou encore Parc Naturel, ni site Natura 2000.
- Le présent projet porte sur l'intervention dans le lit mineur du cours d'eau, il n'est pas considéré comme zone humide.

L'ouvrage est concerné par :

Catégorie	Nature du risque	Analyse du risque	Niveau d'enjeu
Géologie	Risque lié à la nature du sol	Stabilité de l'ouvrage busé en dessous de voirie	Moyen
	Retrait gonflement des argiles	Absence de construction ou de fondation, construction future	Nul, Moyen
Hydrologie	Alimentation en eau potable	Périmètre du projet éloigné de tout périmètre de protection de captage mais risque d'accident pendant la phase travaux	Moyen
	Fonctionnement hydraulique, libre écoulement des eaux et risque Inondation	Garantir le libre écoulement des eaux en toute circonstance et ne pas aggraver le risque inondation	Fort
Milieu naturel	ZNIEFF, Natura 2000, Site classé ou inscrit	En dehors de tout périmètre de site ZNIEFF, Natura 2000, site classé ou inscrit	Faible
	Zone humide	Absence de zone humide dans le lit mineur du cours d'eau	Nul
	Faune-Flore	Artificialisation des berges et du lit mineur	Moyen

D'après les analyses réalisées, le projet ne semble pas rentrer dans le champ d'application de l'autorisation Loi sur l'eau.

En effet, l'état final de l'ouvrage n'apporte pas de modifications sensibles par rapport à l'état actuelle.

Seule la phase transitoire, soit pendant la durée des travaux de réhabilitation, est susceptible d'impacter le milieu naturel.

En phase travaux (environ 1 mois), une déviation des effluents sera réalisée en amont du projet par l'intermédiaire de la chambre Marcelin Berthelot.

Cette déviation provisoire sera partielle (débit résiduel de l'ordre de 1 l/s) pendant la durée des travaux.

En phase travaux (1 mois), une modification de la hauteur d'eau est prévue avec une déviation totale ou partielle des effluents.

Une Déclaration Loi sur l'Eau sera réalisée au titre de la rubrique 3.1.1.0.

3.2 Circulation routière

Les travaux de restructuration de l'ouvrage vont nécessiter une ouverture en tranchée de la chaussée. **Ainsi, la rue Lafayette va être fermée au niveau de la traversée du ru pendant la durée des travaux.**

La rue étant à double sens, un itinéraire de déviation sera mis en place par la rue Marcelin Berthelot et la route de Margency pour accéder à la rue Lafayette depuis l'avenue Jean-Jacques Rousseau.

Cette fermeture au droit de la traversée du ru concerne la circulation de véhicules, y compris en dehors des horaires de chantier.

La circulation des piétons sera interdite pendant les horaires de chantier. Cependant, hors horaires de chantier (soir et week-end), un passage permettant la circulation des piétons sera mis en œuvre.

Cette fermeture permettra d'optimiser la durée de réalisation des travaux et évitera la mise en place de ponts lourds.

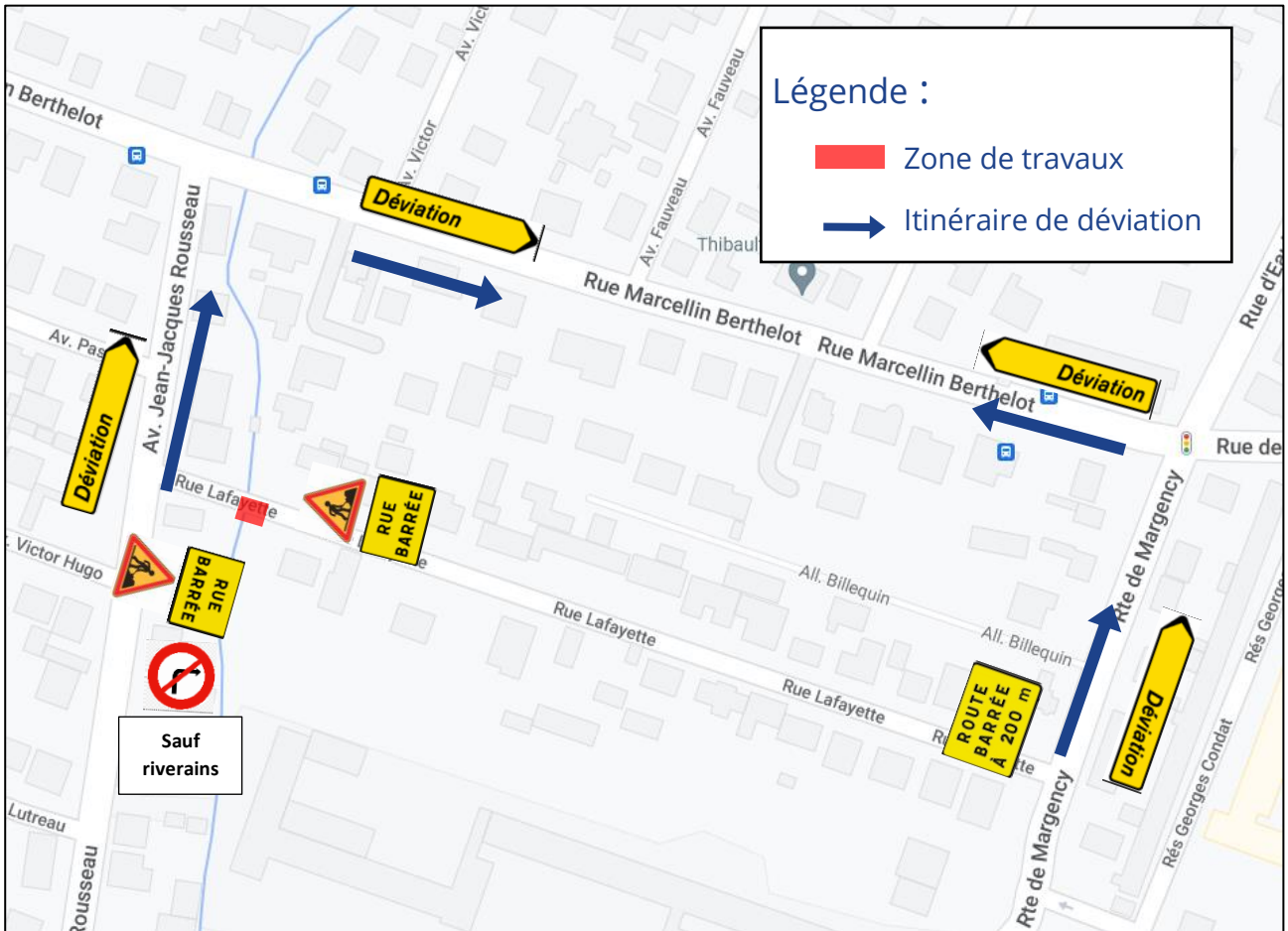
La présence du groupe scolaire « Jean-Jacques Rousseau » à proximité du chantier implique la réalisation de ces travaux pendant les vacances scolaires d'été 2024 : le respect du planning avec fin des travaux en aout 2024 est essentiel.

La communauté d'agglomération Val Parisis sera contacté dès la notification du marché afin d'obtenir les arrêtés de circulation pour les vacances estivales 2024 (délai d'obtention minimum d'un mois).

Le syndicat mixte de collecte et valorisation des déchets « AZUR » sera également contacté dès notification du marché pour organiser la collecte des déchets dans le cadre de la fermeture de voirie envisagée.

Un itinéraire de déviation sera mis en place, une proposition est faite en page suivante.

Cette déviation sera mise en place pendant 2 mois (1 mois de travaux + période préparatoire).



Itinéraire de déviation proposée pour la réalisation des travaux de remplacement en tranchée de la buse

3.3 Exploitation des réseaux d'assainissement

Depuis le rapport AVP, des investigations ont été réalisées en novembre 2022 afin de déterminer le fonctionnement du réseau d'eaux pluvial.

Les résultats de ces investigations, disponibles en annexe n°4, ont mis en évidence le fonctionnement en siphon de ce réseau au droit du ru.

Ainsi, les réseaux d'eaux usées et d'eau pluviale de la rue Lafayette traversent l'ouvrage étudié sous son radier.

Leur fonctionnement sera conservé suite aux travaux de remplacement : les conduites existantes seront protégées pendant la durée des travaux.

D'après les mesures réalisées sur site lors de l'intervention de novembre, les cotes suivantes ont été relevées :

- Cote radier amont siphon à R3799 : 52,52 NGF
- Cote radier aval siphon à R3800 : 52,50 NGF

Le siphon est une canalisation de diamètre Ø300.

Aucune ITV ou levé topo n'a pu être réalisé à l'intérieur du siphon. La localisation du siphon sous le radier de l'ouvrage existant est donc imprécise.

La réalisation d'une ITV du siphon est envisagée lors du période d'étiage du ru afin de déterminer son état structurel.

Cependant, cette réalisation dépendant du gestionnaire du réseau (CAVP), elle n'est pas garantie.

Dans le cas de présence de désordre, un remplacement de la conduite Ø300 sera réalisée lors des travaux de réhabilitation de la conduite Ø1000.

Cette configuration défavorable a été prise en compte dans ce rapport PRO.

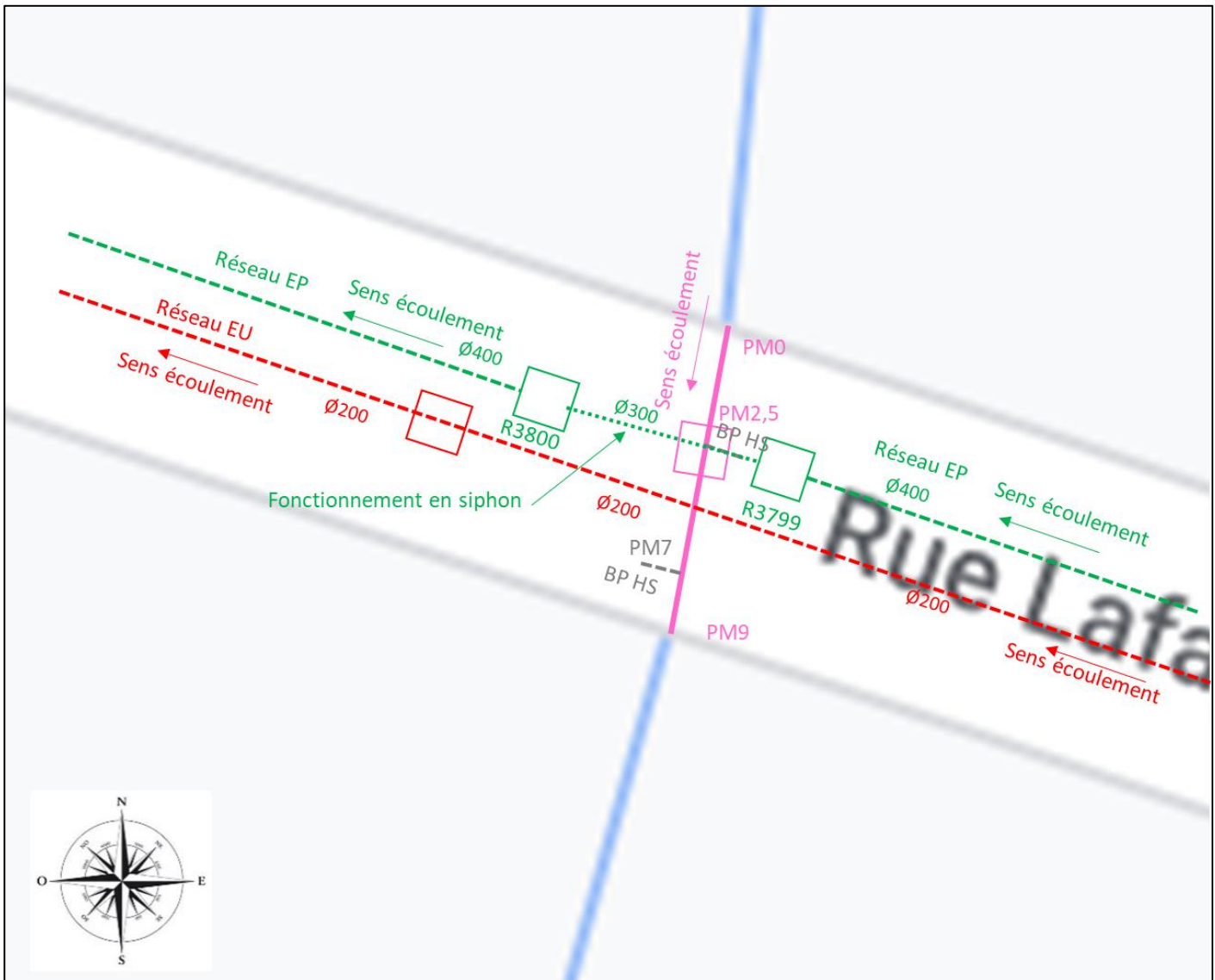
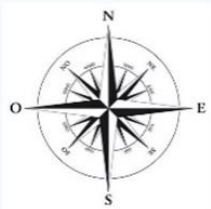


Schéma du fonctionnement du réseau EP à valider



3.4 Habitations

En **domaine privé**, l'ouvrage existant a des interactions avec les clôtures des riverains :

- Extrémité amont : poutre de soutènement du mur de séparation de la voirie encastrée dans les clôtures riverains.
- Extrémité aval : clôture du riverain côté gauche ancrée dans le massif de soutènement de la voirie.

Lors des travaux de restructuration de l'ouvrage ces contraintes seront à prendre en compte : le remplacement en tranchée de l'ouvrage nécessitera la découpe soignée de ces poutres et massifs pour conserver le soutènement des clôtures riverains.

Pour l'extrémité amont, la conservation de la poutre de soutènement du mur sera privilégiée dans le phasage de réalisation des travaux.



Vue de l'extrémité amont : impact clôture riverain côté gauche



Détail vue de l'extrémité amont : impact clôture riverain côté gauche



Vue depuis riverain côté gauche de l'extrémité aval



Vue depuis riverain côté gauche de l'extrémité aval : impact ouvrage sur clôture

Les soutènements des clôtures riverains seront conservés pendant les travaux. Cependant, en raison de la proximité des travaux, il conviendra :

- De contacter les riverains concernés pour les informer des travaux.
- De réaliser un constat d'huissier avant et après travaux.

3.5 Concessionnaires

La demande de DT (n°2022091603696DFB) a été réalisée le 16 septembre 2022. Les réseaux concessionnaires situés à proximité des travaux projetés sont indiqués ci-dessous. Il convient tout de même de préciser que certains plans transmis présentent une classe de précision A, B ou C empêchant un positionnement correct des réseaux :

- GRDF – gaz : classe A ;
- Véolia Eau : classe C ;
- Réseau EU : classe C ;
- Réseau EP : classe C.

Une nouvelle DT sera lancée lors de la réalisation du dossier de consultation des entreprises.

Les réseaux suivants sont en aérien sur la zone étudiée :

- Orange – télécom ;
- ENEDIS ;
- CITEOS (éclairage public).

Dans le cadre de l'application de la norme anti-endommagement, des investigations complémentaires ont été réalisées en avril 2022 pour la localisation des réseaux enterrés à proximité des zones de tranchées.

Ces investigations ont permis de localiser en classe A l'ensemble des réseaux présents. Ils sont reportés au plan des réseaux existants présenté en annexe 1.

Il convient de noter la traversée d'un réseau d'électricité ERDF dans un fourreau acier au-dessus de l'ouvrage à son extrémité amont.



Traversée réseau ERDF extrémité amont

Il conviendra de contacter ERDF pour déterminer la possibilité de dévier ce réseau de manière définitive ou provisoire (pendant la durée des travaux).

Des conduites de gaz et d'eau sont présentes sous le radier de l'ouvrage existant.

Dans le cadre de la réalisation des travaux en tranchée, les prescriptions GRDF sera prises en compte.

Ainsi, des méthodes de terrassement à la main ou à l'aspiratrice, en respectant les normes AIPR, seront appliquées au droit des concessionnaires.

Ces prescriptions particulières seront indiquées dans le DCE (utilisation de marteaux piqueurs et non BRH au droit des canalisations de gaz, utilisation d'une aspiratrice pour le déblaiement à proximité des concessionnaires).

3.6 Présence d'amiante

L'ouvrage, constitué d'éléments préfabriqués en béton armé, n'est pas amianté.

Les deux branchements relevés sont aussi constitués de béton.



PM2,5 - Branchement à 9h



PM7 - Branchement à 9h

Des prélèvements d'enrobés pour analyse amiante ont été réalisés en mai 2022. Les résultats sont disponibles en annexe n°3.

Aucune trace d'amiante n'a été relevée dans les matériaux prélevés.

3.7 Environnement géologique

Des investigations géotechniques ont été réalisées en octobre 2022 pour parfaire la connaissance de l'environnement géologique de l'ouvrage.

Les résultats complets de ces investigations sont disponibles en annexe n°5.

Les investigations suivantes ont été réalisées :

- ✓ un sondage de reconnaissance géotechnique pour essais pressiométriques (SP1) sur 4,5 m de profondeur ;
- ✓ un sondage de reconnaissance géotechnique à la tarière continue (ST1) jusqu'à 4 m de profondeur ;
- ✓ un essai de perméabilité de type Lefranc entre 2 et 3 m de profondeur ;
- ✓ analyses en laboratoire des sols prélevés pour classement GTR.

Nature des sols reconnus

Les sondages ont permis de mettre en évidence les formations suivantes :

- couche 0, enrobé sur une épaisseur de 5 cm
- couche 1, remblai graveleux-sableux plus ou moins limoneux sur des profondeurs allant de 1,10 m (SP1) à 1,30 m (ST1)
- couche 2, sable graveleux, jusqu'à des profondeurs comprises entre 2,70 m (SP1) à 3,05 m (ST1). Il s'agit des Alluvions Indifférenciés
- couche 3, marnes plus ou moins sableuses, avec graviers et/ou cailloux, au-delà et jusqu'à la base des sondages. Il s'agit du substratum du Marnésien.

Le radier de l'ouvrage étant localisé à environ 1,7 m de profondeur, il est implanté dans la formation des Alluvions Indifférenciés, avec les Remblais en couverture.

Synthèse hydrologique issue des sondages et perméabilité

Lors de l'intervention en octobre 2022, aucune arrivée d'eau franche n'a été observée sur les hauteurs forcées à la tarière ou creusé manuellement, soit des profondeurs allant de 1,30 m en SP1 et 3 m environ en ST1.

D'autre part, l'essai de perméabilité a été réalisé dans la couche 2 (Alluvions Indifférenciés) entre 2 et 3 m de profondeur.

Ces essais ont mis en évidence que les sables graveleux avec des graviers et/ou des cailloux a une perméabilité faible, avec un coefficient de perméabilité de 1.10^{-6} m/s.

Les sondages réalisés n'ont pas mis en évidence de venue d'eau. **Cependant, en raison de la présence supposée de nappe alluvionnaire, des venues d'eau peuvent être attendues.**

Un pompage en fond de fouille sera donc envisagé lors de la réalisation des travaux.

Résultats des essais pressiométriques

Les caractéristiques mécaniques des sols, mesurées au moyen d'essais pressiométriques dans le sondage SP1, s'avèrent :

- faibles dans les sables graveleux (couche 2), avec une pression limite de plus de 0,43 MPa
- bonnes dans les marnes (couche 3), avec des pressions limites comprises entre 1,13 MPa et 2,05 MPa.

4 SOLUTION RETENUE

4.1 Canalisation

L'ouvrage actuel est localisé à faible profondeur, sous chaussée (profondeur minimale du fil d'eau de 1,23 m par rapport au TN).

Cette profondeur très faible est à l'origine de la fissuration de la canalisation en béton armé.

Ainsi, une première solution étudiée a été de conserver la section hydraulique actuelle (et même de l'augmenter) en abaissant la hauteur de l'ouvrage et en l'élargissant.

Une section cadre de 70 cm de hauteur pour 150 cm de largeur, par éléments préfabriqués, avait ainsi été envisagée.

Il convient de noter que la largeur du ru, sur les portions à ciel ouvert en amont et en aval de la portion étudiée, est de 150 cm.

Cette solution avait l'avantage de permettre d'obtenir une couverture de sol de l'ordre de 35 cm.

Cependant, la modélisation à disposition du SIARE montre que, pour une période de retour de 30 ans, la hauteur d'eau prévue est comprise entre 1,0 m et 1,10 m pour cet ouvrage.

Il est donc nécessaire de ne pas diminuer la hauteur hydraulique de l'ouvrage.

En conséquence, la mise en place d'une canalisation de diamètre DN1000 mm est projetée.

La faible couverture de sol ne permet pas la mise en œuvre d'une solution en béton armé préfabriqué : l'épaisseur trop importante des conduites ne permet pas de garantir une couverture de sol suffisante.

Ainsi, une solution par canalisations DN1000 mm en PRV a été retenue.

La faible épaisseur de ces conduites par rapport à une solution béton permet la mise en place d'un aménagement sus-jacent (dalle en béton) permettant d'assurer la tenue mécanique de la conduite.

Cette solution a été dimensionnée structurellement au chapitre 6 du présent rapport.

4.2 Accès à l'ouvrage

Trois accès futur à l'ouvrage sont envisagés :

- Un accès amont à partir de la voirie (mise en place d'un portail d'accès à la section à ciel ouvert) ;
- Un accès aval à partir de la voirie (mise en place d'un portail d'accès à la section à ciel ouvert) ;
- Un accès intermédiaire par regard localisé sous chaussée.

Les accès amont et aval au ru seront effectués par des échelles amovibles, apportées lors des interventions.

L'accès amont est facilement réalisable : le mur actuel de séparation avec la voirie pourra être remplacé par un portail qui pourra être fixé sur les poteaux existants.

L'accès aval nécessite la dépose des végétaux ainsi que la création de poteaux pour la mise en place d'un portail.

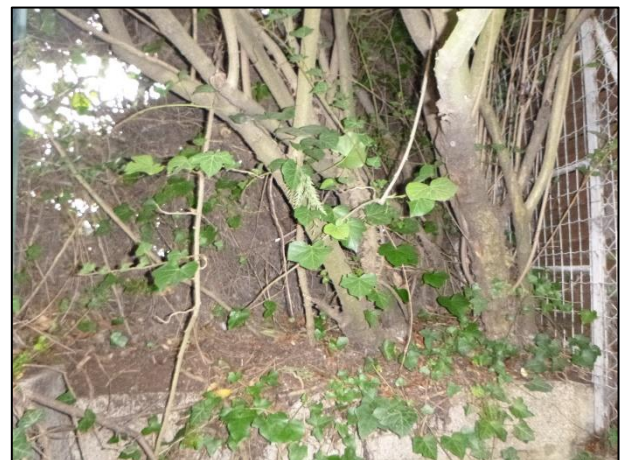
Aucune plantation de végétaux ne sera envisagée dans le cadre de cette nouvelle configuration.



Accès amont – vue depuis la voirie



Accès aval – vue depuis la voirie



Accès aval – vue depuis la section à ciel ouvert

4.3 Aménagement des connexions amonts et aval

La configuration des connexions hydrauliques amont et aval de la canalisation seront identiques à l'existant :

4.3.1 Connexion amont : conservation d'un aménagement végétalisé en biseau



Aménagement végétalisé de la connexion amont – vue depuis l'amont



Aménagement végétalisé de la connexion amont – vue depuis la voirie

Au niveau de la connexion amont, le côté droit de la conduite nouvellement posée sera aligné sur le voile droit de la section à ciel ouvert.

Un aménagement végétalisé sera réalisé, en biseau, sur la partie gauche de la connexion pour rattraper la sur-largeur de la section à ciel ouvert (1,5 m) par rapport à la canalisation (1,0 m). Cet aménagement sera réalisé sur environ 3 m de long.

En l'absence de conservation de la végétalisation existante, des végétaux hélophytes (végétaux dont les racines sont immergées mais qui présentent des parties aériennes terrestres) et des végétaux herbacés terrestres seront mis en place. Ils sont associés à des matériaux inertes (comme des géotextiles) et des végétaux morts (comme des pieux) pour le maintien des ouvrages. Les géotextiles sont généralement biodégradables (fibres de coco, jute, paille, etc.).

Ce peigne végétal sera constitué de pieux plantés et fixés entre eux et à la berge. Il sera comblé de branches et de divers végétaux prélevés sur place. Un apport de matériaux gravo-terreux sera réalisé pour permettre la mise en place de végétaux hélophytes.

Ce complexe permettra la filtration des éléments en suspension et des sédiments du cours d'eau lors des épisodes pluvieux.

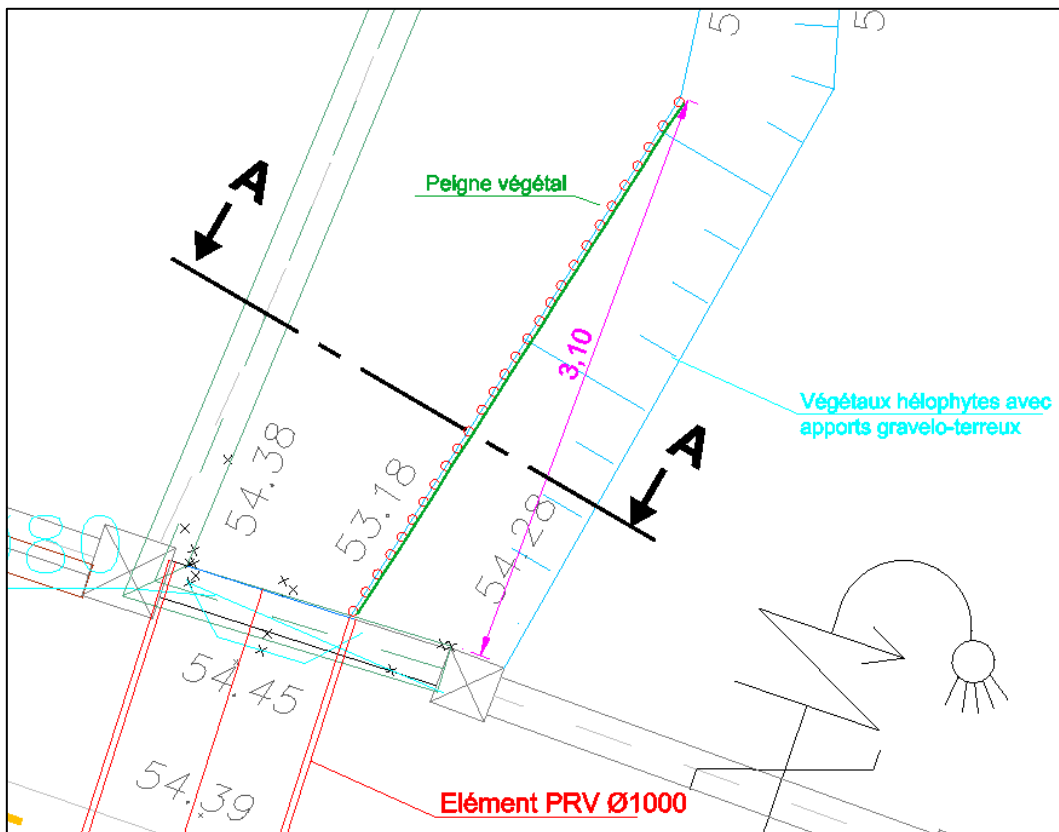
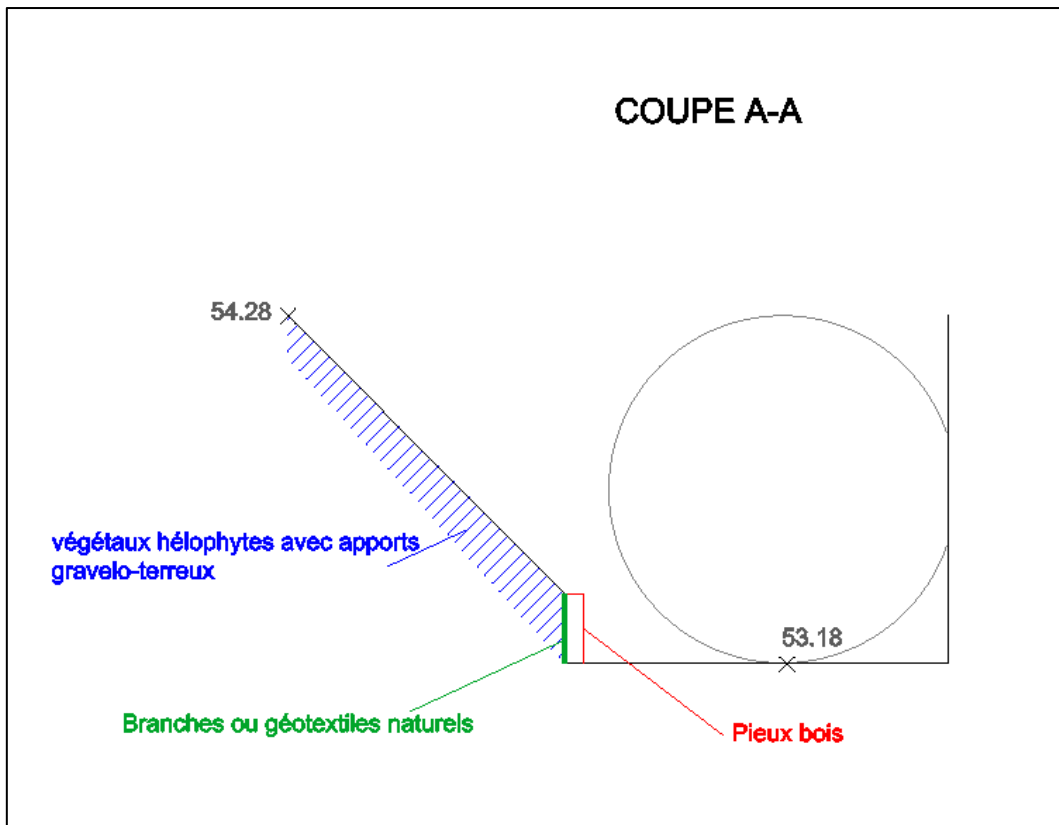


Schéma de l'aménagement végétalisé en biseau de la connexion amont



Coupe A-A de l'aménagement par peigne végétal

4.3.2 Connexion aval : connexion sur ouvrage génie civil

La section à ciel ouvert en aval du projet est un canal de section rectangulaire en béton.



Connexion aval – vue générale



Connexion aval – détail

L'aménagement de cette connexion sera réalisé à l'identique, avec un centrage de la nouvelle conduite posée.

5 VERIFICATION HYDRAULIQUE

D'après les modélisations hydrauliques réalisées, le débit maximal de l'ouvrage est estimé à $1,13 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une période de retour de 30 ans.

Une vérification hydraulique pour une canalisation DN1000 mm en PRV a été réalisée afin de vérifier la capacité hydraulique.

La pente prise en compte est celle issues du relevé du profil en long de l'ouvrage, en considérant le cas le plus défavorable (contre-pente observée à l'aval de l'exutoire) : pente de 0,23 %.

Une canalisation en PRV DN1000 mm a un diamètre intérieur de 956,5 mm (conduites type Hobas).

En considérant un coefficient de rugosité de 90, un débit maximum de $1,19 \text{ m}^3/\text{s}$ est obtenu.

Ce débit est supérieur au débit maximal estimé pour une période de retour de 30 ans.

DONNEES HYDRAULIQUES

Débit maximal de 1,13 m³/s

CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE MIS EN PLACE

Type : DN1000 mm PRV
DN (mm) 956,50 mm
Pente (l) : 0,23% m/m (pente minimale prise en compte)

CHOIX DU COEFFICIENT DE RUGOSITE :

Le coefficient de rugosité Ks est celui correspondant au PRV

Ks : 90

VERIFICATION DES CAPACITES HYDRAULIQUES DE L'OUVRAGE MIS EN PLACE

$$Q = K_s \cdot \text{RACINE}(l) \cdot Sh \cdot R^{2/3}$$

Avec : Q : le débit pleine section de l'ouvrage en m³/s
Ks : Coefficient de rugosité de Manning Strickler (m^{1/3}/s) 90
l : pente du réseau en m/m 0,002
Sh : surface hydraulique en m² 0,718555
R : rayon hydraulique en m 0,239125

Q : 1,19 m³/s

Q : 1195 L/s

6 DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL

6.1 Documents normatifs et réglementaires

- A. Guide technique RERAU « Restructuration des ouvrages visitables » - Tomes 1 et 2 - 2004
- B. Norme NF EN 1990 de Mars 2003 « Eurocodes structuraux. Bases de calcul des structures » et son Annexe nationale de décembre 2011.
- C. Norme NF EN 1990/A1 de Juillet 2006 « Eurocodes structuraux. Bases de calcul des structures » et son Annexe nationale de décembre 2007.
- D. Norme NF EN 1991-2 de Mars 2004 « Eurocode 1. Actions sur les structures. Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic » et son Annexe nationale de mars 2008.
- E. Norme NF EN 1992-1-1 d'Octobre 2005 « Eurocode 2. Calcul des structures en béton. Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments » et son Annexe nationale de mars 2007.
- F. Norme NF EN 1993-1-1 d'Octobre 2005 « Eurocode 3 : Calcul des structures en acier. Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments » et son Annexe nationale d'août 2013.
- G. Norme NF EN 1997-1 de Juin 2005 « Eurocode 7. Calcul géotechnique. Partie 1 : règles générales » et son Annexe nationale de septembre 2006.
- H. Fascicule 70 du CCTG: « Ouvrage d'assainissement ».

6.2 Hypothèses de calcul

6.2.1 Principe de la modélisation

Afin de vérifier la stabilité du collecteur et dimensionner la dalle au-dessus de celui-ci, des modèles bidimensionnels aux éléments finis ont été réalisés.

Dans le modèle aux éléments finis, on considère que l'ouvrage est géométriquement continu. Aucune discontinuité/défaut ni endommagement ne sont pris en compte. Les propriétés mécaniques des matériaux constituant le modèle décrivent donc un comportement global.

Un modèle bidimensionnel en éléments surfaciques à interpolation quadratique, en élasto-plasticité a été réalisé.

Le modèle bidimensionnel est l'équivalent d'une modélisation d'une tranche de 1 m de l'ouvrage c'est-à-dire que le calcul se fait en déformation plane (la contrainte selon z n'est pas nulle). Les déplacements sont bloqués dans le sens longitudinal.

Les calculs sont réalisés avec le logiciel de calcul aux éléments finis CESAR LCPC.

Les modèles de comportement considérés pour les matériaux sont les suivants :

- **Élasticité linéaire isotrope** : pour la dalle et le conduit
- **Modèle HSM, en élasto-plasticité**: pour le sol (terrain de couverture, encaissant, et d'assise)

Dans cette note, la justification des calculs est effectuée à l'ELS afin de ne pas modifier le comportement élasto-plastique du sol. Les résultats seront par la suite multipliés avec un coefficient de 1,35 afin d'obtenir les sollicitations en ELU et procéder au dimensionnement de la dalle.

Les charges ont été appliquées selon le phasage suivant :

❖ **Phase 1 : Initialisation des contraintes**

Application des poids propres des différentes couches de sol.

❖ **Phase 2 : Mise en place du collecteur et de la dalle**

Mise en place du collecteur¹ et de la dalle entourés des remblais liquides, application de leur poids propre ainsi que des forces de déconfinement du sol autour de l'ouvrage ($\lambda = 1$, séparateur posé en tranchée).

S'agissant de charges permanentes, un module à long terme est considéré pour le béton afin de tenir compte du fluage.

❖ **Phase 3 : Application des surcharges**

Dans cette phase, le module instantané des matériaux est pris en compte car les charges appliquées sont des charges d'exploitation.

Les surcharges auxquelles est soumis l'ouvrage sont appliquées dans cette phase et

¹ Dans le cas de la vérification de la structure du collecteur, la structure a été examinée pour le cas d'un tuyau en PRV.

sont les suivantes :

- Chargement routière – système LM1 (classe 2 – 1 voie de circulation) ;
- Mise en charge hydraulique interne.
- Nappe externe accidentelle.

6.2.2 Hypothèses sur les matériaux

Les caractéristiques des matériaux prises en compte dans la modélisation aux éléments finis sont définies dans ce chapitre.

Pour les sols (Modèle HSM, en élasto-plasticité) :

Paramètres communs :

$$m = 0 \quad p_{ref} = 100 \text{ kPa} \quad R_f = 0,90$$

<p>Terrain de couverture et encaissant :</p> <p>Poids volumique :</p> <p>Coefficient de Poisson :</p> <p>Cohésion :</p> <p>Angle de frottement :</p> <p>Angle de dilatance :</p> <p>Module de microdéformation :</p>	<p>$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$</p> <p>$\nu = 0,33$</p> <p>$c = 0 \text{ kPa}$</p> <p>$\varphi = 30^\circ$</p> <p>$\psi = 0^\circ$</p> <p>$E_{50}^{REF} = 50 \text{ MPa}$</p> <p>$E_{ur}^{REF} = 150 \text{ MPa}$</p>
<p>Terrain d'assise et remblais liquide :</p> <p>Poids volumique :</p> <p>Coefficient de Poisson :</p> <p>Cohésion :</p> <p>Angle de frottement :</p> <p>Angle de dilatance :</p> <p>Module de microdéformation :</p>	<p>$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$</p> <p>$\nu = 0,33$</p> <p>$c = 0 \text{ kPa}$</p> <p>$\varphi = 30^\circ$</p> <p>$\psi = 0^\circ$</p> <p>$E_{50}^{REF} = 100 \text{ MPa}$</p> <p>$E_{ur}^{REF} = 300 \text{ MPa}$</p>

Pour le reste des matériaux (Élasticité linéaire isotrope) :

<p>Dalle :</p> <p>Nature :</p> <p>Épaisseur :</p> <p>Poids volumique :</p> <p>Coefficient de Poisson :</p> <p>Module de déformation</p> <p>À court terme en bon état</p> <p>À long terme en bon état</p>	<p>Béton C30/37</p> <p>10 cm</p> <p>$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$</p> <p>$\nu = 0,20$</p> <p>$E_{CT\ BE} = 33\ 000 \text{ MPa}$</p> <p>$E_{LT\ BE} = 11\ 000 \text{ MPa}$</p>
---	--

Collecteur :	
Tube PRV	
Poids propre	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Coefficient de Poisson :	$\nu = 0,30$
Module de déformation de l'acier	$E_i = 20\,000 \text{ MPa}$ (module instantané) $E_d = 7\,100 \text{ MPa}$ (module différé)
Contrainte caractéristique de flexion à court terme	$\sigma_{R(CT)} = 200 \text{ MPa}$
Contrainte caractéristique de flexion à long terme	$\sigma_{R(LT)} = 98 \text{ MPa}$
Rapport résistance à long terme / résistance à court terme	$\sigma_{R(LT)} / \sigma_{R(CT)} = 0,49$
Contrainte admissible en service à long terme	$\sigma_L = 0,7 \sigma_{R(LT)} = 68,6 \text{ MPa}$
Allongement de flexion garanti à court terme	$\epsilon_{Rd} = 1,6 \%$
Allongement admissible en service à long terme	$\epsilon_{Ld} = 0,7 \%$
Déflexion admissible	$d_L = 19,5 \text{ mm}$ (3 % de la longueur de l'arc en radier - à peu près 650 mm)
Coefficient de sécurité sur le matériau	$\gamma_M = 1,2$
Coefficient de sécurité ELT (au flambement)	$\gamma_{ME} = 1,67$

Béton :

- Poids propre $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Béton C30/37 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Classe d'exposition XC1
- Résistance moyenne en traction du béton $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
- Module de déformation instantanée du béton $E_{cm} = 33\,000 \text{ MPa}$
- Module de déformation à long terme du béton $E_c = 11\,000 \text{ MPa}$
- Coefficient de sécurité du béton $\gamma_c = 1,5$

Contrainte limite de compression dans le béton :

- Combinaison caractéristiques (ELS) $\sigma_{bc} < 0,6 f_{ck} = 18 \text{ MPa}$
- Combinaison quasi permanente (ELS) $\sigma_{bc} < 0,45 f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$
- ELU fondamental $\sigma_{bc} = f_{ck} / \gamma_c = 20 \text{ MPa}$

Acier HA

- Acier HA E500B $f_y = 500 \text{ MPa}$
- Module de déformation de l'acier $E = 200\,000 \text{ MPa}$

- Coefficient de sécurité sur l'acier $\gamma_s = 1,15$

Contrainte de traction dans l'acier :

- Combinaison caractéristique (ELS) Ouverture des fissures limitée à $w_{\max} = 0,3$ mm
- ELU fondamentales $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8$ MPa

Enrobage (article 4.4.1 de l'EC2 et son annexe nationale)

L'enrobage minimal pour la classe d'exposition XC1 et un béton de classe C30/37 est de 25 mm ($c = 25$ mm).

Longueur d'ancrage et recouvrement (article 8.4 et 8.7 de l'EC2 et son annexe nationale)

Le calcul des longueurs d'ancrage et de scellement/recouvrement est donné selon les formules suivantes :

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi \sigma_{sd}}{4 f_{bd}}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \rightarrow \text{Longueur d'ancrage}$$

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \rightarrow \text{Longueur de recouvrement}$$

Où : σ_{sd} : contrainte de calcul de la barre, prise égale à f_y/γ_s pour tenir compte de l'état de contraintes maximale susceptible de se développer dans les barres ;

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} ;$$

$$\eta_1 = 1,00 \text{ (Conditions d'adhérence bonnes EN 1992-1-1 §8.4.2) ;}$$

$$\eta_2 = 1,00 \text{ (Diamètres de barres inférieurs à 32 mm) ;}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} f_{ctk,0,05} / \gamma_c.$$

La longueur d'ancrage l_{bd} s'obtient en considérant les coefficients α comme unitaires.

Pour la longueur de recouvrement l_0 , il suffira de multiplier la longueur d'ancrage par 1,5 (valeur maximale pour tenir compte des cas de recouvrement à plus de 50% des barres).

Les valeurs des longueurs d'ancrage et de recouvrement sont présentées dans le tableau suivant pour chaque état limite ultime.

État limite	Longueur	C 30/37
ELU	Ancrage l_{bd}	37 Φ
	Recouvrement l_0	55 Φ

Longueur d'ancrage et recouvrement

Lorsqu'il y a lieu de constituer une armature avec plusieurs barres, les recouvrements seront répartis sur toute la longueur de telle sorte que dans une section il y ait au moins les 2/3 de l'armature en barres continues.

Sections minimales d'armatures (article 9.2 de l'EC2)

La section d'armatures longitudinales tendues ne doit pas être inférieure à $A_{s,min}$ représentée ci-dessous :

Pour une dalle d'épaisseur $h = 10$ cm.

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \quad \text{et} \quad A_{s,min} \geq 0,0013 b_t d \quad \text{avec } d = h - c$$

Épaisseur (cm)	$A_{s,min}$ (cm ² /ml)
10	1,13

Section d'acier minimale

6.2.3 Hypothèses sur le chargement

Charges permanentes - G

Les poids propres des terres, de la dalle et du séparateur sont appliqués comme des charges « volumiques » (équivalent d'une tranche de 1 m de terrain) sur chaque élément du modèle. La poussée des terres a été également prise en compte lors la réalisation des calculs.

Ces charges sont appliquées automatiquement par le logiciel de calcul.

Surcharges routières - (Q_{rou}t)

L'action des surcharges dynamiques routières de type LM1 de l'EN 1991-2 sera prise en compte dans le dimensionnement de la dalle avec l'application des charges ponctuelles pour le chargement des véhicules en surface.

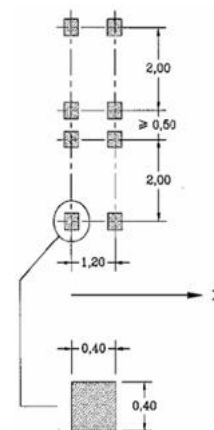
On supposera une circulation sur une voie, avec le camion centré sur la dalle.

Le modèle LM1 couvre la plupart des effets du trafic des camions et des voitures. Il consiste en deux systèmes partiels :

- Des charges concentrées à double essieu (tandem : TS), chaque essieu ayant pour poids : $\alpha_Q Q_k$
- Des charges uniformément réparties (système UDL), avec un poids au mètre carré de voie conventionnelle égal à : $\alpha_Q q_k$

Tableau 4.2 — Modèle de charge 1 : Valeurs caractéristiques

Emplacement	Tandem TS	Système UDL
	Charges d'essieu Q_{ik} (kN)	q_{ik} (ou q_{rk}) (kN/m ²)
Voie n° 1	300	9
Voie n° 2	200	2,5
Voie n° 3	100	2,5
Autres voies	0	2,5
Aire résiduelle (q_{ik})	0	2,5



Modèle des charges LM1

Pour un trafic de classe 2 et une voie de circulation (voie n° 1, ce qui correspond à un camion de poids lourds avec une largeur de roue égale à 0,4 m), les caractéristiques sont les suivantes :

Systeme	Paramètre	VOIE 1
TS (par roue)	α_Q	0,8
	$\alpha_Q \cdot Q$	135 kN/roue
		337,5 kN/m ²
UDL	α_q	1,0
	$\alpha_Q \cdot Q$	6,3 kN/m ²

Surcharge chantiers – Modèle LM1

L'ouvrage croise la chaussée transversalement. Ainsi, le chargement de circulation des voitures qui traversent l'ouvrage a été modélisé par une pression verticale uniforme égale à 20 kN/m² appliqué de manière suivante :

- **Chargement symétrique (Qrou1) : Une voiture axée sur la clé de l'ouvrage**
- **Chargement asymétrique (Qrou2) : Une voiture à côté de la clé de l'ouvrage**

Mise en charge hydraulique - Hint

L'action d'une mise en charge hydraulique de 1 m sur la clé de l'ouvrage a été prise en compte dans le dimensionnement de la dalle, afin d'évaluer si une mise en charge à l'intérieur du conduit augmente la traction dans la dalle.

Cette charge s'applique comme une pression hydrostatique à l'intérieure du séparateur.

Nappe externe accidentelle - Hext

L'action d'une nappe externe située 0,5 m au-dessus de la clé de l'ouvrage a été prise en compte dans le dimensionnement de la canalisation.

Cette charge s'applique comme une pression hydrostatique à l'extérieure du séparateur.

Combinaisons des actions

Plusieurs combinaisons de chargement ont été examinées :

1. Chargement routier seul sans application de la mise en charge hydraulique (avec le poids des terres) ;
2. Application de la mise en charge hydraulique en concomitance avec le chargement routier ;

3. Application de la nappe externe accidentelle en concomitance avec le chargement routier.

Les cas 2 et 3 ont donné les résultats dimensionnants pour la dalle et la canalisation respectivement. Nous retenons donc les combinaisons suivantes pour la suite du rapport (combinaisons selon l'Eurocode NF EN 1990) :

- ELS caractéristique 1 : $G + Q_{\text{rout}1} + \text{Hint}$
- ELU fondamental 1 : $1,35 \cdot (G + Q_{\text{rout}1} + \text{Hint})$
- ELS caractéristique 2 : $G + Q_{\text{rout}2} + \text{Hint}$
- ELU fondamental 2 : $1,35 \cdot (G + Q_{\text{rout}2} + \text{Hint})$
- ELS caractéristique 3 : $G + Q_{\text{rout}2} + \text{Hext}$
- ELU fondamental 3 : $1,35 \cdot (G + Q_{\text{rout}2} + \text{Hext})$

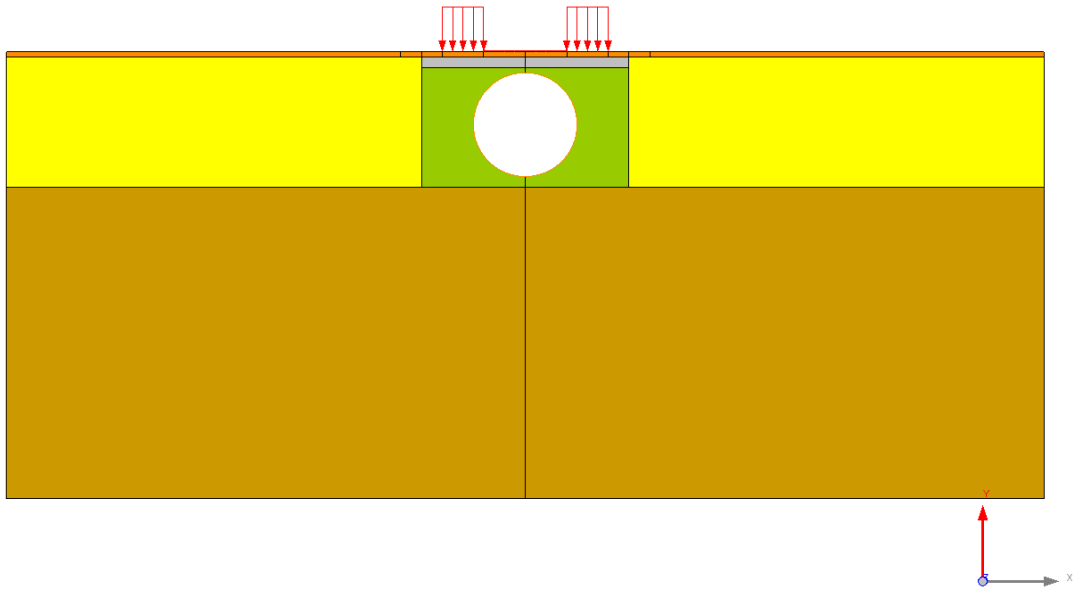
Dans cette note, les calculs seront effectués à l'ELS afin de ne pas modifier le comportement elasto-plastique du sol dans les modèles de calcul.

Le cas échéant, les pondérations de 1,35 pour les vérifications à l'ELU seront appliquées sur les résultats.

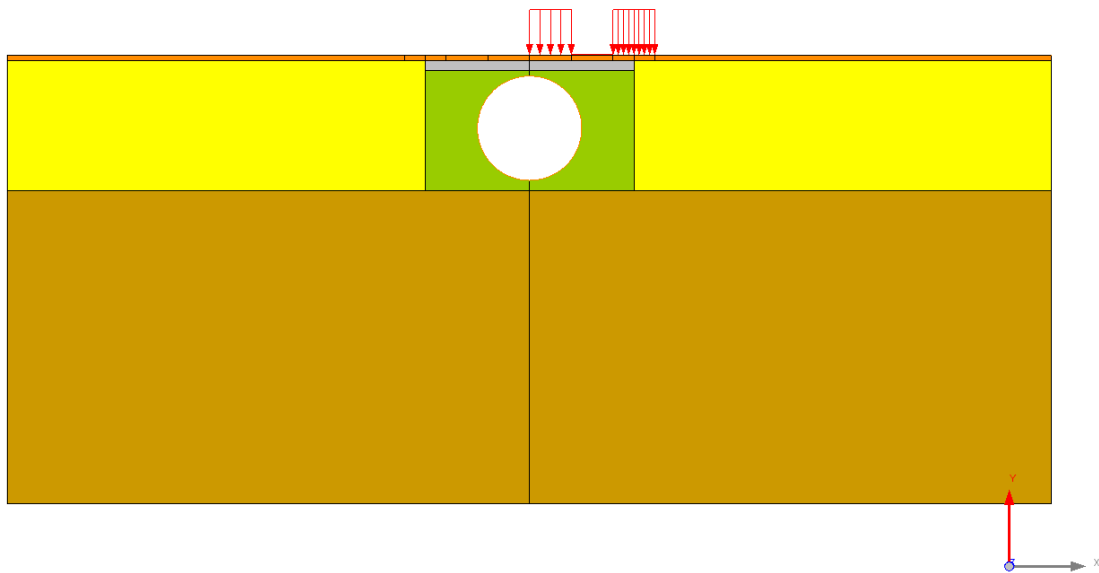
6.3 Modélisation

Le séparateur et la dalle sont modélisés dans son environnement à l'aide d'un modèle bidimensionnel en éléments surfaciques à interpolation quadratique, en élasto-plasticité.

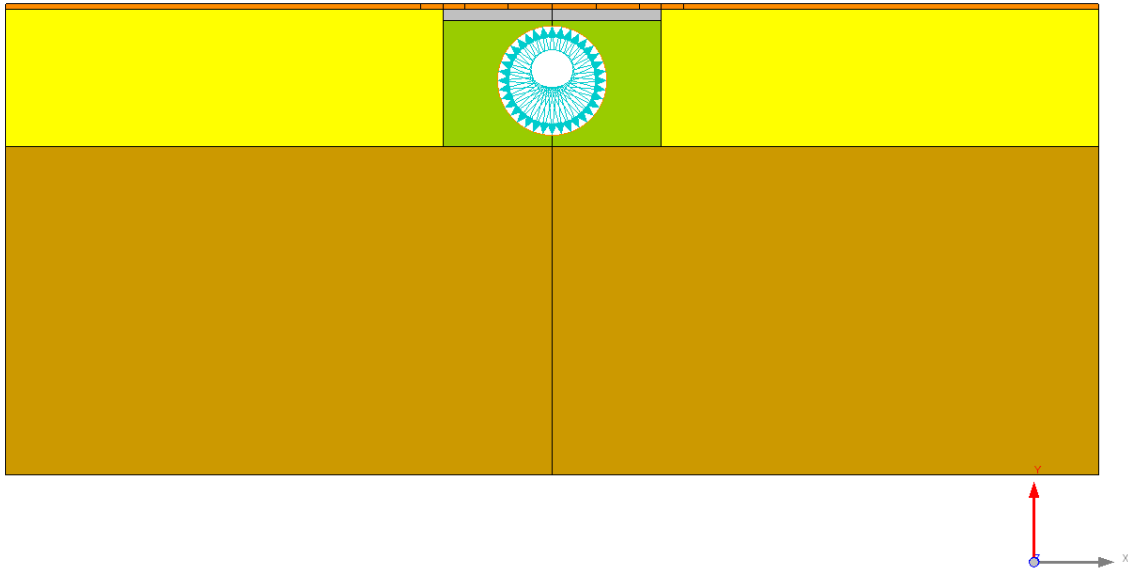
Le code calcul utilisé est le logiciel éléments finis CESAR-LCPC 2D.



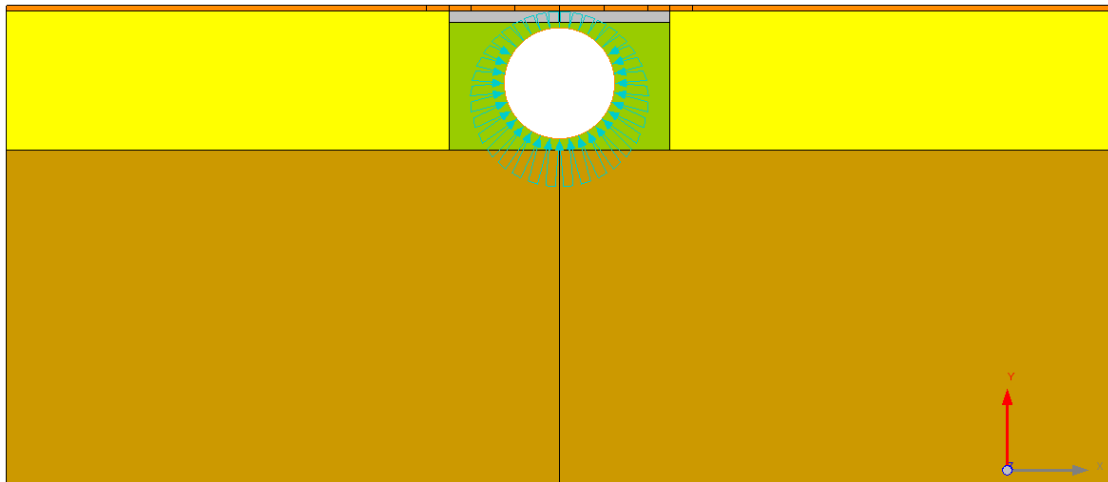
Charges routières – Chargement symétrique (Qrout)



Charges routières – Chargement asymétrique (Qrout)



Mise en charge interne- Hint



Nappe externe accidentelle- Hext

6.4 Vérification de la tenue des conduits

La structure du séparateur a été vérifiée pour une conduite Ø1000 en PRV.

Les contraintes et les déplacements maximaux dans le séparateur lors de la phase d'exploitation sont donnés dans le tableau ci-dessous :

		ELS1 (G+Q_{rout1}+Hint)	ELS2 (G+Q_{rout2}+Hint)	ELS3 (G+Q_{rout2}+Hext)	Seuils
Déplacements	d _{max}	4,6 mm	17,4 mm	16,6 mm	-
Efforts	N _{min}	-74,00 kN/ml	-98,70 kN/ml	-108,20 kN/ml	-
	N _{max}	-36,80 kN/ml	-25,30 kN/ml	-38,40 kN/ml	
	M _{min}	-0,60 kN·m/ml	-2,50 kN·m/ml	-2,50 kN·m/ml	
	M _{max}	0,80 kN·m/ml	2,60 kN·m/ml	2,60 kN·m/ml	
Contraintes	σ _c ELS	-9,95 MPa	-26,87 MPa	-27,24 MPa	68,6 MPa
	σ _t ELS	5,69 MPa	22,10 MPa	21,60 MPa	
	σ _c ELU	-13,43 MPa	-36,28 MPa	-36,77 MPa	
	σ _t ELU	7,68 MPa	29,84 MPa	29,16 MPa	
Déformations	ε _c ELS	-0,01%	-0,04%	-0,04%	0,7 %
	ε _t ELS	0,01%	0,03%	0,03%	

Vérification du conduit DN1000 mm PRV

Les contraintes et les déformations dans la section PRV n'excèdent pas les seuils admissibles pour le matériau.

6.5 Dimensionnement de la dalle

La dalle sera dimensionnée vis-à-vis de la combinaison des charges ELS1 / ELU1.

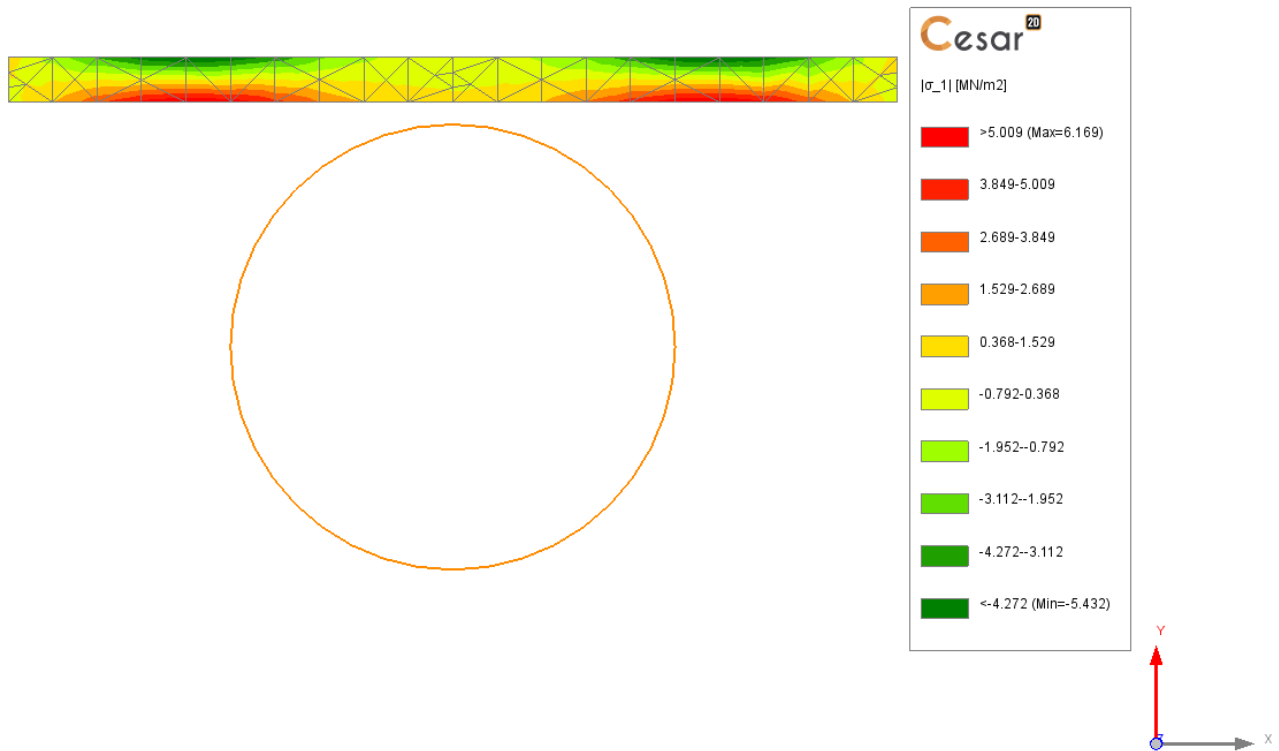
Elle reprend son poids propre, le poids de l'enrobé, les charges routières du système LM1 et la mise en charge interne dans la canalisation.

6.5.1 Sollicitations

Les contraintes normales maximales dans le conduit sont données par le tableau ci-dessous (à l'ELS). Elles sont engendrées dans la structure par les surcharges routières et par la mise en charge interne et elles sont situées à mi-travée.

Cas de charge	Zone	σ (MPa)	
		Mi-travée	Extrémités
ELS 1 : G+LM1+Hint	Arase supérieur	- 5,41	0,89
	Arase inférieur	6,17	- 0,56

Contraintes normales maximales dans la dalle



Contraintes normales dans la dalle béton au-dessus du séparateur.

Les sollicitations internes dans la dalle résultante des contraintes normales sont présentées ci-dessous :

Cas de charge	Effort	Mi-travée	Extrémités
ELS 1 : G+LM1+Hint	Effort normal ^(*)	-38,0 kN/ml	-16,5 kN/ml
	Moment ^(*)	9,65 kNm/ml	-1,2 kNm/ml
ELU 1 : 1,35 · (G+LM1+Hint)	Effort normal ^(*)	-51,3 kN/ml	-22,3 kN/ml
	Moment ^(*)	13,0 kNm/ml	-1,6 kNm/ml

(*) N > 0 → Compression M > 0 → Fibre inférieure tendue

Sollicitations maximales dans la dalle

6.5.2 Dimensionnement du ferrailage

Le dimensionnement de la section de la dalle est réalisé selon l'Eurocode 2 dans le tableau ci-dessous, à partir des sollicitations internes maximales de la section (section à mi-travée).

Matériaux

Contrainte béton : f_{ck}	30 MPa
Classe armature :	500B
Limite élast. acier : f_{yk}	500 MPa

Géométrie

Largeur : b	100 cm
Hauteur : h	10 cm
Position centre de gravité des armatures supérieures	2,5 cm
Position centre de gravité des armatures inférieures	2,5 cm

Cas étudié :	Poutre
Classement d'exposition :	XC1
Classe structurale :	S4
Tolérance d'exécution : ΔC_{dev}	10 mm
Enrobage minimal : c_{min}	15 mm
Enrobage nominal : c_{nom}	25 mm

ELU

Effort normal : N_{Ed}	-51,3 kN
Moment fléchissant : M_{Ed}	13 kN*m
Coefficient partiel du béton : γ_c	1,5
Coefficient partiel de l'acier : γ_s	1,15

ELS

Effort normal : N_{Ed}	-38 kN
Moment fléchissant : M_{Ed}	9,65 kN*m
Effort normal : N_{EQP}	-38 kN
Moment fléchissant : M_{EQP}	9,65 kN*m
Section des armatures supérieures	3,85 cm ²
Section des armatures inférieures	3,85 cm ²
Coeff. acier/béton : n	15
Espacement d'aciers : e	100 mm
Diamètre équivalent d'acier : Φ_{Eq}	7 mm

Résultats des calculs aux ELU

Section des armatures supérieures	0,00 cm ²
Section des armatures inférieures	4,83 cm ²

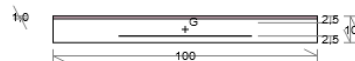
Position de l'axe neutre : $y_0 = 1,0$ cm

La section minimale d'armatures sur la face tendue :

$A_{s,min}$: 1,57 cm²

En appliquant la clause 9.2.1.1 + Guide pour un élément secondaire (non fragile) :

$A_{s,min}$: 1,57 cm²



Résultats des calculs aux ELS

Combinaison caractéristique des charges

Contraintes du béton fibre sup. :	12,09 MPa
Contraintes d'armatures inf. :	-427,58 MPa
Contrainte admissible des armatures :	400,00 MPa
La condition sur la contrainte du béton ($0,6 \cdot f_{ck}$) n'est pas demandée.	

Position de l'axe neutre : $y_0 = 2,2$ cm

La section minimale d'armatures sur la face tendue :

$A_{s,min}$: 1,57 cm²

Combinaison quasi permanente des charges

Ouverture de fissures : w_k	0,283 mm
Ouverture maximale de fissures autorisée : $w_{k,max}$	0,400 mm



Le ferrailage retenu est :

Mi-travée :

1 treillis ST40C en partie supérieure / 1 treillis ST40C en inférieure de la dalle
(3,85 cm²/m) ;

Extrémités :

HA10/20 cm : 1 fermeture en U sur chaque extrémité (3,93 cm²/m) ;

7 AMENAGEMENTS PROJETE

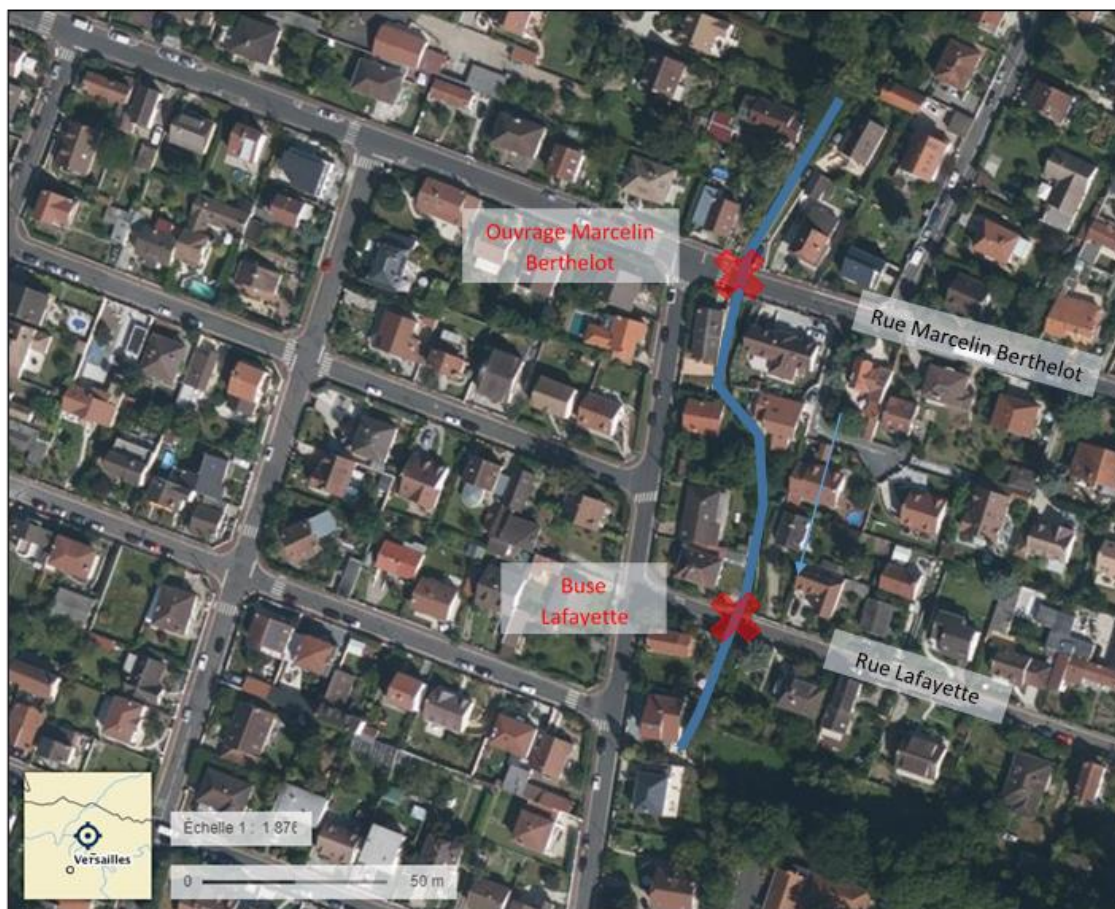
La restructuration de l'ouvrage consiste en :

- ✓ La mise à sec de l'ouvrage ;
- ✓ L'ouverture d'une tranchée et la mise en place d'un blindage et protection des concessionnaires observés ;
- ✓ La mise en place des conduites et du regard d'accès intermédiaire ;
- ✓ Le remblaiement de la tranchée, réalisation de la dalle de répartition et de la voirie ;
- ✓ La mise en place d'accès aux sections à ciel ouvert amont et aval depuis la voirie ;
- ✓ L'aménagement végétalisé de la connexion amont.

Les plans projets sont détaillés en annexe n°7.

7.1 Mise à sec de l'ouvrage

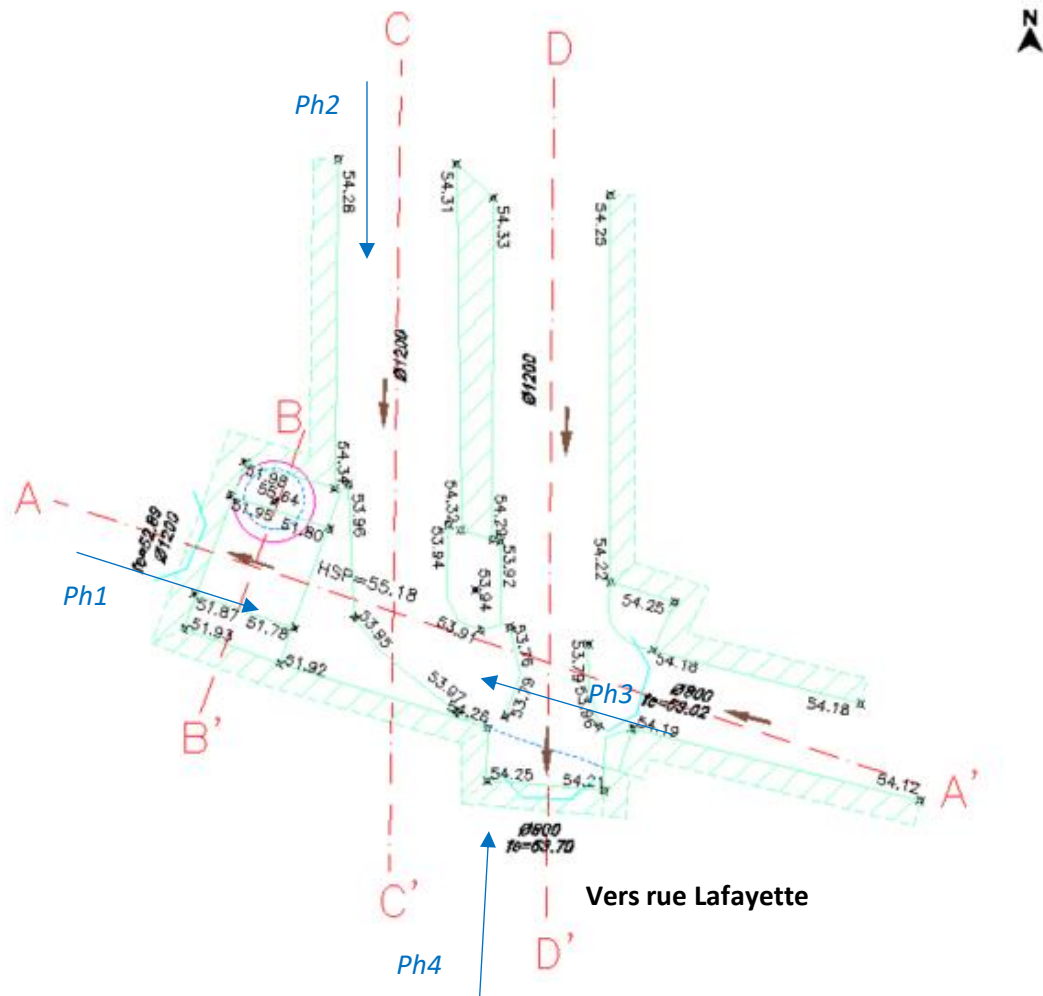
Afin de pouvoir limiter les apports des effluents en zone de travaux, la solution de déviation des effluents par l'ouvrage Marcelin Berthelot localisé en amont a été étudiée.



Localisation de l'ouvrage Marcelin Berthelot par rapport à la buse Lafayette

Cette chambre de maillage permet le déversement des eaux, par chute, lorsque le niveau dépasse le seuil de 53.94 NGF.

Le fonctionnement de la chambre est illustré ci-dessous.



Ph1 : Vue depuis la chute vers l'amont EP



Ph2 : Vue du ru depuis l'amont



Ph3 : Vue vers la chute vers l'amont EP

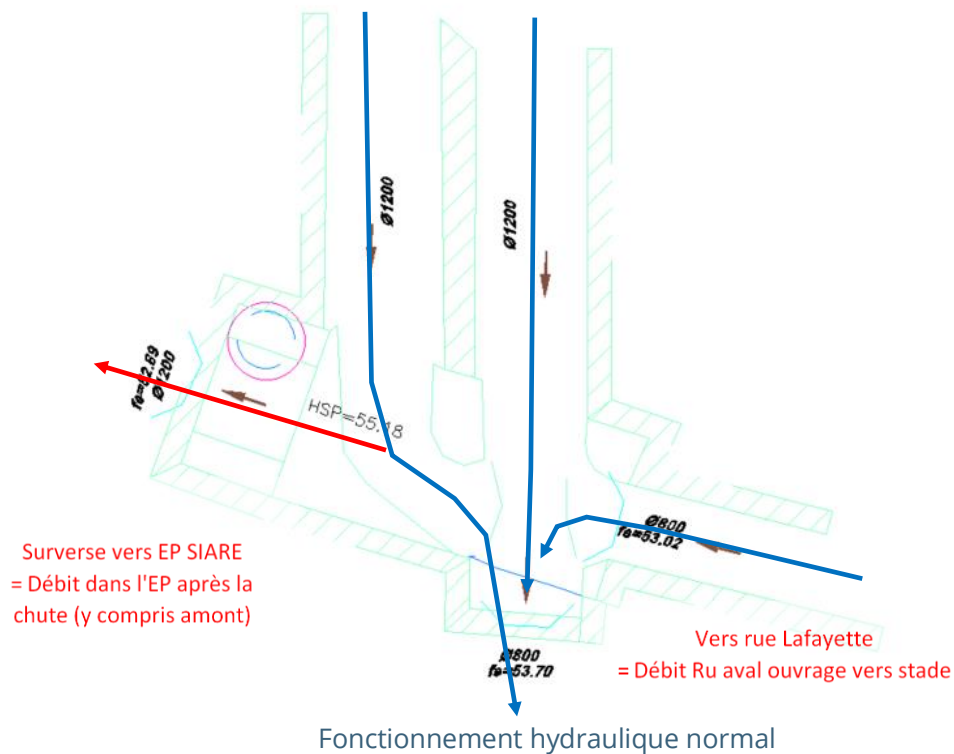


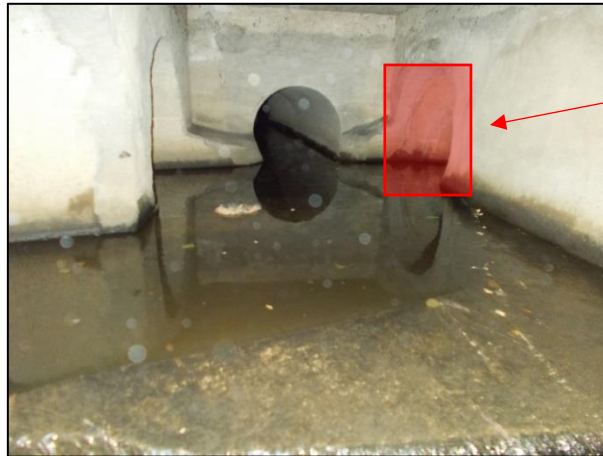
Ph4 : Vue depuis l'aval

L'exutoire vers la buse Lafayette est de diamètre Ø800.

La déviation des effluents vers l'EP SIARE (par chute) pourra est réalisé par la mise en place d'un mur masque au niveau de cet exutoire.

(le fonctionnement de la vanne visible sur la photo 4, qui permettrait théoriquement de fermer cet exutoire, n'a pas été vérifiée)

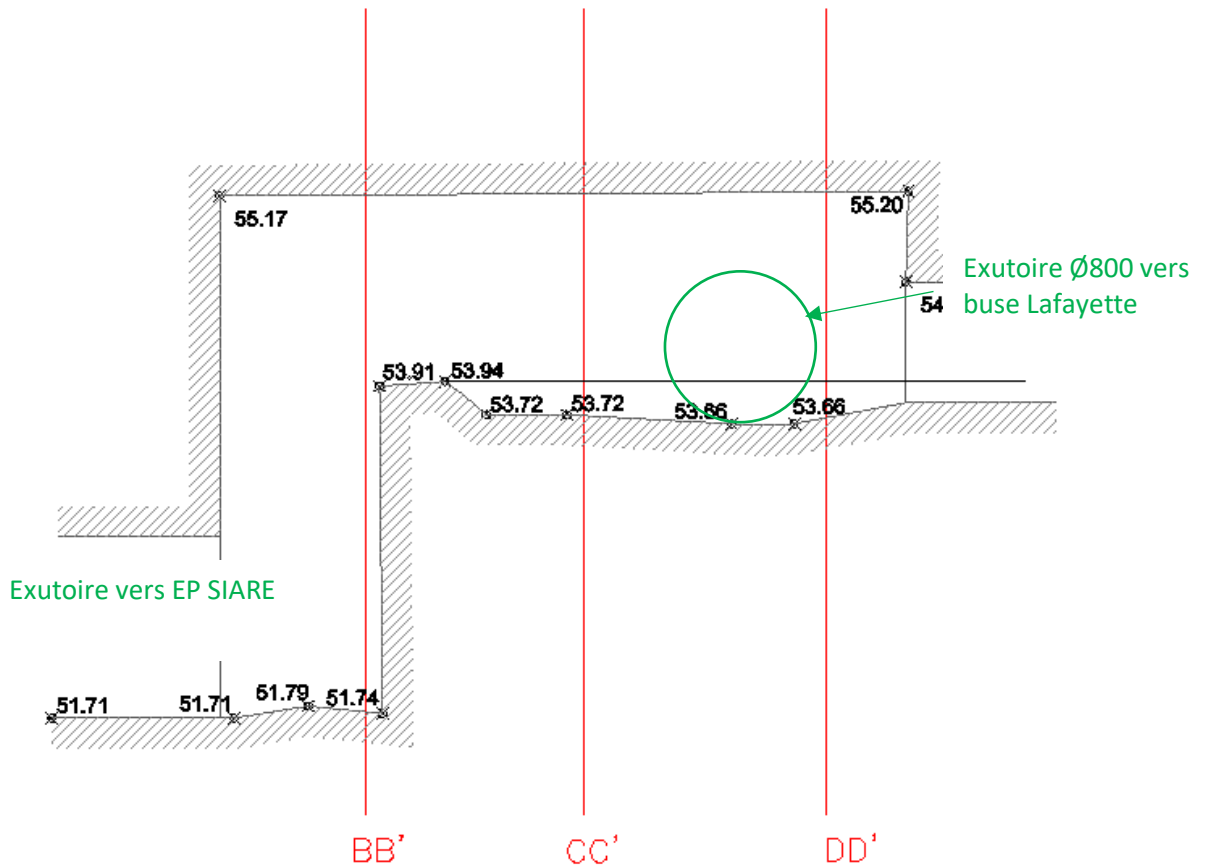




Mur masque à réaliser

Localisation du mur masque

Coupe longitudinale AA'



Cotes du déversement

Le déversement vers l'ouvrage Marcelin Berthelot (EP SIARE) se fait à la cote 53.94 NGF.
La cote radier du ru dans la chambre est de 53.66 NGF.

La mise en place d'un mur masque entrainerait donc une augmentation de la ligne d'eau en amont d'environ 30 cm.

En raison de la hauteur des berges du ru en amont de la chambre, cette augmentation de la ligne d'eau peut être jugée acceptable.

La conservation d'un débit de réserve de 1 l / s sera maintenu : ce débit correspond au débit moyen dans le ru sur les moins de juillet et aout 2020 et 2022.

Ce débit de réserve sera soumis à validation de la DDT au préalable.

Vérification de la capacité hydraulique du collecteur EP SIARE

A partir des débits observés d'avril à juin 2019, une vérification a été réalisée sur la capacité de l'EP SIARE à reprendre les effluents dans le cas de mise en place d'un mur masque de l'exutoire vers la buse Lafayette (ru).

Analyse des débits observés d'avril à juin 2019

	EP AVAL (l/s) = A	Ru AVAL (l/s) = B	SOMME SI DEVOIEMENT (l/s) = C = A + B
Minimum	0	0	0
Maximum	311,43	189,19	447,87
Moyenne	20,16	7,06	26,89
Débit 99%	152,44	75,17	223,31
Débit 95%	71,12	23,95	92,45
Débit 90%	47,13	13,87	58,43
Maximum avec sécu de +20%	373,72	227,03	537,44

Etude de capacité hydraulique du collecteur EP à l'aval de l'ouvrage si dévoiement du ru

Identifiant du collecteur	T750 T5101 (chambre Marcelin Berthelot) à T5100	T745 T5100 à T5099	T1053 T5099 à T5106
Réseau	EP	EP	EP
Diamètre (mm)	1200	1200	1200
Matériau	Béton coulé	Béton préfa	NC
K (m/s-3) - béton non neuf 50 (au lieu de 70)	50	50	50
Z amont (m)	55,61	55,58	55,63
Z aval (m)	55,58	55,63	54,64

Identifiant du collecteur	T750 T5101 (chambre Marcelin Berthelot) à T5100	T745 T5100 à T5099	T1053 T5099 à T5106
Z radier amont (m)	51,69	51,66	51,57
Z radier aval (m)	51,66	51,57	50,70
Pente (cm/m) = %	0,0030	0,0154	0,0129
Longueur (m)	8,25	5,83	67,74

Calcul du débit max possible dans l'EP	T750 T5101 (chambre Marcelin Berthelot) à T5100	T745 T5100 à T5099	T1053 T5099 à T5106
Q capacité max possible dans l'EP après la chute (L/s)	1395,02	3148,64	2876,88
Q maximum mesuré en 2019 avec sécu de +20%	537,44	537,44	537,44
CAPACITE DU COLLECTEUR OK ?	OUI	OUI	OUI

Le collecteur EP présent à l'aval dispose des capacités hydrauliques nécessaires pour faire transiter des débits tels que ceux mesurés d'avril à juin 2019.

En complément de cette déviation partielle, afin de conserver la zone de travaux à sec, des batardeaux seront placés en amont et en aval de la zone de travaux.

Un pompage sera réalisé pour faire transiter les effluents de part et d'autre.

7.2 Reconstruction de l'ouvrage

Le phasage des travaux de reconstruction de l'ouvrage sera le suivant :

- ✓ Fermeture de la rue Lafayette au droit de la zone de chantier (environ 10 m de large).
- ✓ Dépose des mobiliers urbains présents dans l'emprise de la tranchée.
- ✓ Dépose des clôtures amont et aval entre le cours d'eau et la rue Lafayette. La végétation présente au droit de la clôture aval devra être taillée préalablement aux travaux par les services du SIARE.
- ✓ Réalisation de la tranchée, blindage et soutènement des concessionnaires sur 8 ml et 2 m de large. En raison de la présence de concessionnaires sous chaussée dont le gaz, l'utilisation d'un BRH sera proscrite.
- ✓ Découpes et dépose des voiles de soutènement de la voirie aux extrémités amont et aval.
- ✓ Démolition de la canalisation existante, y compris chambre de regard.
- ✓ Dépose de la canalisation EP Ø300 fonctionnant en siphon de la communauté d'agglomération Val Parisis.²
- ✓ Démolition du regard de visite R3799 du réseau de la communauté d'agglomération Val Parisis²
- ✓ Appréciation de la qualité du fond de fouille : mesure de l'épaisseur de matériaux de moindre consistance (essais pénétrométriques – refus de fonçage...). La purge de 50 cm envisagée dans le cadre du projet sera validée par ces essais.
- ✓ Constitution d'un fond de forme (couche de blocage) avec des granulats 60 mm.
- ✓ Mise en place d'un géosynthétique anti-contaminant sur cette assise compactée.
- ✓ Lit de pose en grave 4/10 mm sur 10 cm d'épaisseur ;
- ✓ Mise en place d'une nouvelle canalisation EP Ø300 en PRV SN20000 pour le réseau de la communauté d'agglomération Val Parisis et remblaiement, avec raccordement amont sur regard de visite et aval su canalisation existante (manchon multi-matériaux).²
- ✓ Mise en place du regard intermédiaire : regard préfabriqué en PRV SN20000
- ✓ Mise en place des conduites PRV sur 8 ml.
- ✓ Reconstruction des voiles de soutènement de la voirie aux connexions amont et aval, y compris poutre de soutènement.
- ✓ Reconstruction du regard de visite R3799 du réseau de la communauté d'agglomération Val Parisis²
- ✓ Remblaiement en remblai liquide autocompactant jusqu'à 5 cm au-dessus de la génératrice supérieure.
- ✓ Sous chaussée :

² Ces travaux seront soumis à validation de la communauté d'agglomération Val Parisis.

- Mise en place d'une couche de sable de 5 cm sur la largeur de la tranchée.
- Mise en place d'une dalle en béton armé de 10 cm (coulé ou préfabriqué) sur la largeur de la tranchée
- Eventuel rechargement en grave ciment 0/20
- Mise en place d'un enrobé à chaud de 6 cm
- ✓ Sous trottoir :
 - Mise en place d'un grave ciment 0/20
 - Mise en place d'un enrobé à chaud de 3 cm
- ✓ Accès amont : mise en place d'un portail, fixé sur poteaux existants
- ✓ Accès aval : réalisation de deux poteaux et mise en place d'un portail.
- ✓ Aménagement végétalisé de la connexion amont.

La solution de reconstruction du regard de visite R3799 du réseau de la communauté d'agglomération Val Paris a été envisagé au stade du PRO.

Une solution de réhabilitation par réfection d'enduit pourrait être envisagée en fonction de l'état structurel de ce regard.

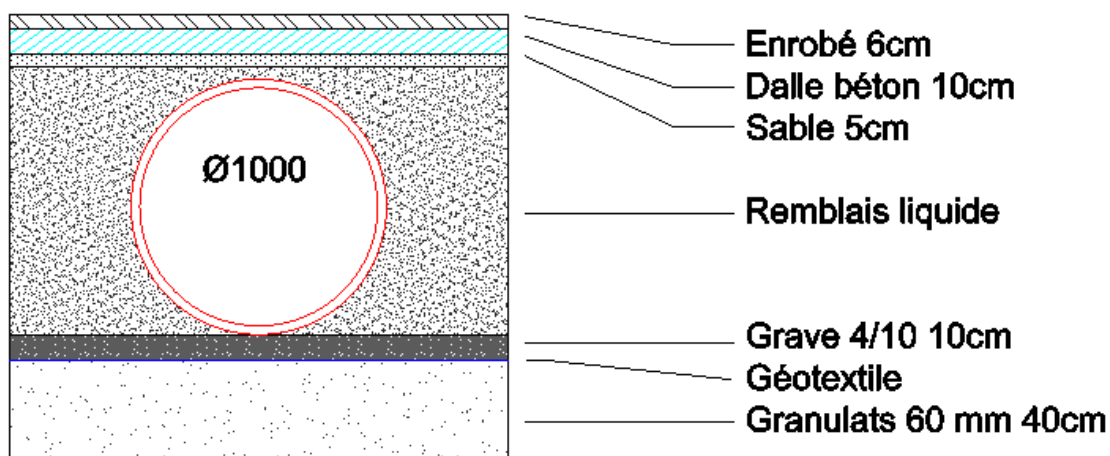
En raison de la faible profondeur de l'ouvrage, une configuration particulière sera utilisée pour la constitution de la voirie **sous chaussée** au-dessus de l'ouvrage.

Cette configuration a été dimensionnée au chapitre 6 du présent rapport.

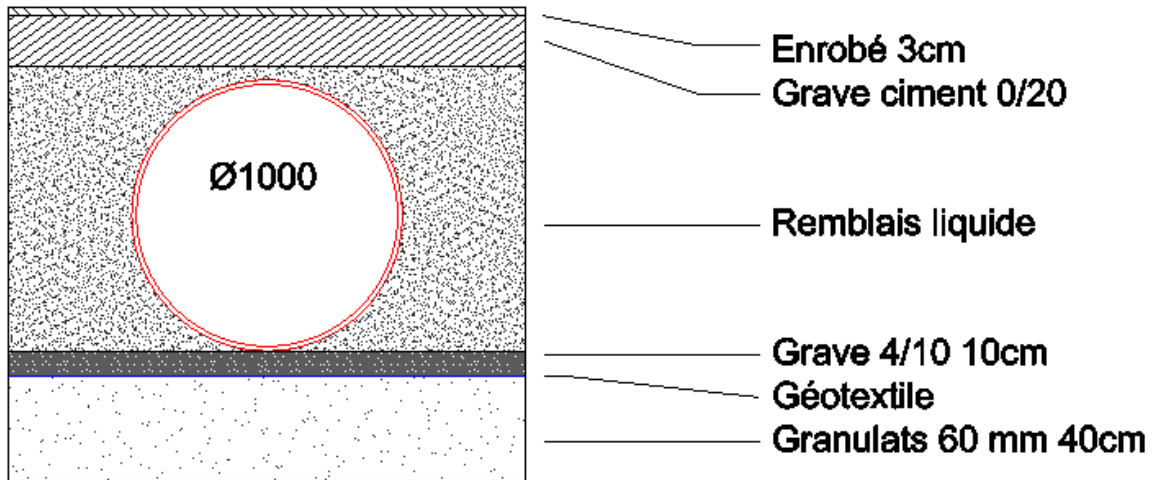
Pour limiter les contraintes sur les conduites en PRV, une dalle béton de 10 cm d'épaisseur sera mise en place sous l'enrobé.

Cette dalle béton pourra être constituée d'éléments préfabriqués afin d'optimiser la durée du chantier. Elle sera ferrillée par deux nappes ST40C.

Elle sera posée sur une couche de sable de 5 cm d'épaisseur.



Coupe type sous chaussée



Coupe type sous trottoir

Ces travaux sont faits dans les conditions du Fascicule 70-1 du CCTG et nécessitent :

- La mise en place de méthodologie de terrassement et de blindage adaptée à la présence de concessionnaires (prescription GRDF et AIPR) ;
- Le choix des matériaux de remblaiement ;
- La mise en place de méthodologie de mise en œuvre pour le remblaiement (compactage...).

7.3 Sujétions particulières à la solution PRV

Des tuyaux PRV classe SN 20000 de dimension DN1000 mm seront mis en place.

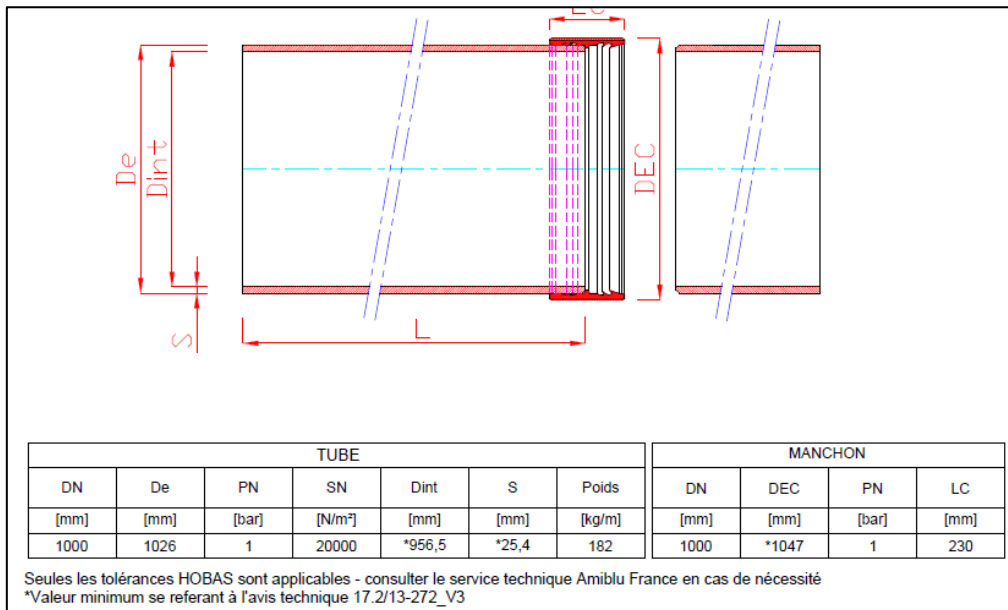


Illustration tuyaux PRV SN 20000 DN1000 mm

Un regard préfabriqué en PRV SN20000 DN1000 sera utilisé pour la constitution du regard intermédiaire, avec tampon Ø800.

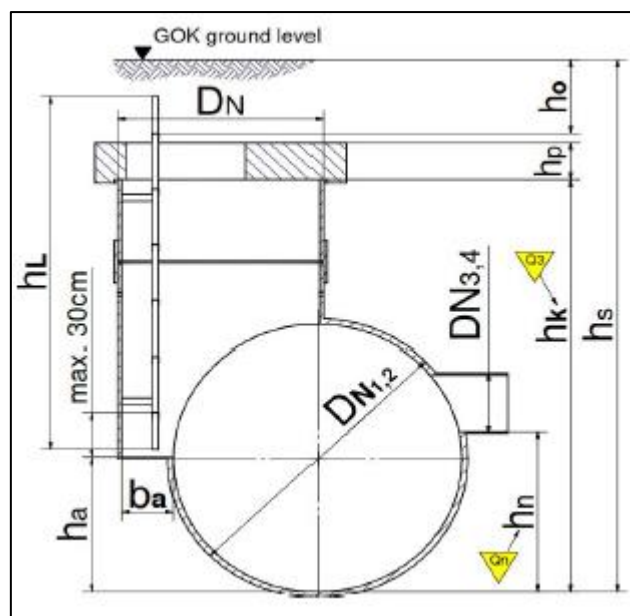


Illustration Regard PRV SN 20000 DN1000 mm

Pour les connexions amont et aval, des joints multimatériaux type Forsheda ou équivalent seront utilisés pour garantir l'étanchéité avec le voile en béton.

7.4 Blindage de la tranchée

Hypothèses de calcul

Les principaux types de charges exercées sur les blindages provisoires sont la poussée due au poids des terres et aux charges de chantier.

En l'absence d'informations sur la hauteur de la nappe (pas de niveau de nappe rencontré lors de la réalisation des sondages géotechniques), nous considérerons que la tranchée est située hors nappe. Elle se trouve dans un terrain constitué de remblais.

La profondeur maximale du réseau est de 1,85 m. Nous considérons une excavation jusqu'à 0,5 m en-dessous du fil d'eau de la canalisation.

Les caractéristiques prises en compte pour les calculs sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Formation	Profondeur maximale H	Masse volumique γ	Cohésion c'	Angle de frottement φ'	Coefficient de poussée k_a
Remblais	2,40 m	20 kN/m ³	0 kPa	25°	0,406

Nous adopterons l'hypothèse d'une couche de remblais uniforme sur toute la profondeur de la tranchée. Le diagramme de poussée des terres sera pris selon le diagramme de Peck.

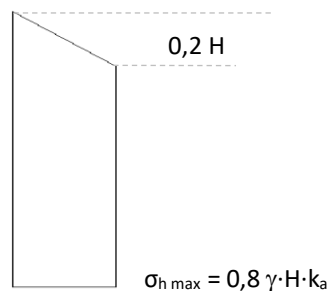


Figure 1 : Diagramme de Peck

Ainsi, la poussée maximale sera de $\sigma_{h \max} = 15,58 \text{ kPa}$.

Chargements pris en compte dans le calcul

Chargement gravitaire – G

La poussée horizontale due au poids des terres est appliquée sur le blindage.

Charges de chantier – Qchantier

Nous considérons un chargement dû aux surcharges de circulation des engins de chantier $q_{\text{chantier}} = 10 \text{ kN/m}^2$. Cette charge sera appliquée uniformément comme une pression de terres égale à :

$$k_a \cdot q_{\text{chantier}} = \mathbf{4,06 \text{ kPa.}}$$

Combinaison des charges

- ELS caractéristique : • G + Q
- ELU fondamental : • 1,35 (G) + 1,5 Q

Description du blindage

Principe de blindage traditionnel

Les caractéristiques retenues pour le blindage de la tranchée sont les suivantes :

- Profondeur maximale : $H_{\text{TOT}} = 2,4 \text{ m}$
- Longueur : $L_{\text{TOT}} = 8,0 \text{ ml}$
- Largeur : $B = 2,0 \text{ m}$
- Espacement vertical entre liernes : $H = 1,1 \text{ m}$
- Espacement horizontal entre butons : $L = 2,0 \text{ m}$

En partie inférieure, les bastaings devront être ancrés d'au moins 10 cm dans le sol et seront bloquées en pied par le béton de propreté. En partie supérieure, la première lierne sera située à 20 cm de profondeur par rapport au TN.

Matériaux

Les soutènements provisoires seront réalisés à l'aide d'un blindage traditionnel constitué de :

- Blindage :** Bastaings 63 x 175 mm
 Classe C18 $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$
- Liernes :** Profilés bois 200 x 200 mm
 Classe C24 $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- Butons :** Étais métalliques méga lourds ALTRAD 1,70 / 3,05 m
 $q_{u, 2,00 \text{ m}} = 48 \text{ kN}$

Dimensionnement du blindage en bois

Nous calculons la résistance en flexion des madriers bois retenus :

Caractéristiques des bastaings	$h = 63 \text{ mm}$ (épaisseur) $b = 175 \text{ mm}$ (largeur des bastaings) $H = 1,1 \text{ m}$ (longueur des bastaings) $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$ (contrainte de flexion, classe C18) $E_{0,05} = 6\,000 \text{ MPa}$ (module d'élasticité axial au 5 ^{ème} percentile)
Coefficients retenus	$k_{mod} = 0,65$ (classe de service : moyen terme, extérieur) $\gamma_M = 1,3$ (coefficient de sécurité matériau : bois massif) $k_{sys} = 1,1$ (coefficient d'effet de système) $k_h = 1,19$ Avec $k_h = \min \left[1,3 ; \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right]$ pour $h < 150 \text{ mm}$
Coefficient de déversement	$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} = 2\,298 \text{ MPa}$ avec $l_{ef} = 0,9 H$ (charge répartie) $\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,09 < 0,75 \rightarrow$ pas de déversement $\rightarrow k_{crit} = 1$

La contrainte de résistance à la flexion est de :

$$f_{m,d} \cdot k_{crit} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot k_{crit} \rightarrow \mathbf{f_{m,d} \cdot k_{crit} = 11,78 \text{ MPa}}$$

Le blindage bois est sollicité en flexion simple par une charge uniforme correspondant à la pression totale des terres (pression du terrain et charges de chantier) :

$$p_{ELU} = 1,35 g + 1,5 q = 27,13 \text{ kPa}$$

Le moment engendré dans les bastaings de 1,2 m de longueur est de :

$$M_{ELU} = p_{ELU} H^2 / 8 = 4,10 \text{ kN}\cdot\text{m/ml}$$

Pour une épaisseur des bastaings de 63 mm, la contrainte dans le bois est de $\sigma_{m,d} = \mathbf{6,20 \text{ MPa}}$, inférieure à la contrainte résistante.

On retient donc des **bastaings en bois C18 d'épaisseur 63 mm et de 1,1 m de long.**

Dimensionnement des liernes en bois

Les liernes seront constituées de profilés 200 mm x 200 mm. La première sera située à une profondeur de 0,20 m par rapport au TN et les suivantes seront espacées de 1,1 m dans le sens vertical. Un espacement de 2,0 m entre butons transversaux a été considéré.

Nous calculons la résistance en flexion des madriers en bois retenus :

<u>Caractéristiques des madriers</u>	h = 200 mm (épaisseur) b = 200 mm (largeur des madriers) L = 2,0 m (longueur des madriers) f _{m,k} = 24 MPa (contrainte de flexion, classe C18) E _{0,05} = 7 400 MPa (module d'élasticité axial au 5 ^{ème} percentile)
<u>Coefficients retenus</u>	k _{mod} = 0,65 (classe de service : moyen terme, extérieur) γ _M = 1,3 (coefficient de sécurité matériau : bois massif) k _{sys} = 1,1 (coefficient d'effet de système) k _h = 1,00 Avec k _h = min [1,3 ; (150/h) ^{0,2}] pour h < 150 mm
<u>Coefficient de déversement</u>	σ _{m,crit} = $\frac{0,78 \cdot E_{0,05} \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}}$ = 641 MPa avec l _{ef} = 0,9 H (charge répartie) λ _{rel,m} = $\sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$ = 0,19 < 0,75 → pas de déversement → k _{crit} = 1

La contrainte de résistance à la flexion est de :

$$f_{m,d} \cdot k_{crit} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot k_{crit} \rightarrow \mathbf{f_{m,d} \cdot k_{crit} = 13,20 \text{ MPa}}$$

Les liernes sont sollicitées en flexion simple par une charge uniforme correspondant à la charge transmise par le blindage :

$$P_{ELU} = p_{ELU \text{ blindage}} \cdot H = 29,84 \text{ kN/ml}$$

Le moment maximum engendré dans les liernes de 6,0 m de long avec des appuis tous les 1,0 m est de :

$$M_{ELU} = P_{ELU} \cdot L^2 / 8 = 14,92 \text{ kN}\cdot\text{m/ml}$$

Pour des profilés de 200 mm x 200 mm, la contrainte dans le bois est de **σ_{m,d} = 11,19 MPa**, inférieure à la contrainte résistante.

On retient donc des **profilés bois C24 de dimensions 200 x 200mm pour les liernes.**

Dimensionnement des butons métalliques

Les butons seront mis en place tous les 2,0 m. Ils seront constitués d'étais métalliques posés dans le sens transversal de la tranchée.

Ils reprennent la charge transmise par les liernes. L'effort normal appliqué sur les butons est de :

- $N_{ELU} = 59,68 \text{ kN}$

Les étais ALTRAD méga lourds de 1,70 à 3,05 m de hauteur sont capables de reprendre une charge maximale $q_{u,2,00 \text{ m}} = 48 \text{ kN}$ pour la largeur maximale de la tranchée, soit 2,0 m.

Etais Méga lourds

Caractéristiques

- Fût Ø 76,1 x 2,7 mm
- Coulisse Ø 60,3 x 3,6 mm
- Broche imperdable Ø 16 mm
- Platines 140 x 140 x 8 mm
- Manchon fonte GS
- Anti-déboîtement fixe
- Garde à la main

Options

- Renfort de pied
- Anti-déboîtement démontable
- Couleur client



Version galva



Renfort de pied
(peint et galva)



Tableau des charges admissibles

Références version peinte	Références version galvanisée	Hauteur (en m)	Poids (kg)	Charges en daN selon hauteur en m - Coefficient de sécurité $\geq 2,5$													
				1,00	1,50	1,70	2,00	2,30	2,50	2,90	3,05	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
S76E00B30302	S76EG0B30302	1,00 / 1,75	16	4500	4200	4000											
S76100B30202	S761G0B30202	1,70 / 3,05	21			5000	4800	4500	4000	3500	3200						
S76200B30202	S762G0B30202	2,00 / 3,55	24				5000	4800	4700	4600	4500	3000					
S76300B30202	S763G0B30202	2,25 / 4,00	26					5000	4900	4800	4500	4000	3000				
S76400B30202	S764G0B30202	2,55 / 4,50	28,5						5000	4900	4800	4000	3100	2800			
S76500B30202	S765G0B30202	2,90 / 5,00	31							5000	4900	4100	3200	2900	2300		
S76600B30202	S766G0B30202	3,10 / 5,50	34								5000	4900	4200	3100	2600	1800	
S76700B30202	S767G0B30202	3,50 / 6,00	37									4800	4600	4000	3000	2000	1600

Autres dimensions nous consulter.

On retient donc **2 étais méga lourds ALTRAD 1,70 / 3,05 m situés sur les liernes tous les 2,0 m.**

Conclusions

Les caractéristiques retenues pour le blindage sont les suivantes :

- Profondeur maximale de la tranchée : $H_{TOT} = 2,4 \text{ m}$
- Longueur totale de la tranchée : $L_{TOT} = 8,0 \text{ ml}$
- Largeur de la tranchée : $B = 2,0 \text{ m}$ (longueur des butons)
- Espacement vertical entre liernes : $H = 1,1 \text{ m}$ (longueur des bastaings verticaux)
- Espacement horizontal entre butons : $L = 2,0 \text{ m}$ (longueur des liernes)

Le blindage traditionnel en bois sera constitué de :

Blindage bois	Liernes bois	Butons métalliques
Bastaings 63 x 200 mm Classe C18 $f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$	Profilés 200 x 200 mm Classe C24 $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$	2 Étais ALTRAD méga lourds 1,70 / 3,05 m (par buton) $Q_{u, 2,00 \text{ m}} = 48 \text{ kN}$

7.5 Mise hors d'eau de la tranchée

Les essais géotechniques réalisés ont mis en évidence l'absence de venue d'eau lors des forages à la tarière au niveau du fil d'eau de l'ouvrage.

D'autre part, les essais de Lefranc ont mis en évidence un sol peu perméable à proximité de l'ouvrage.

Cependant, en raison de la présence supposée de nappe alluvionnaire, des venues d'eau peuvent être attendues.

Un pompage en fond de fouille sera donc envisagé lors de la réalisation des travaux, avec évacuation en aval.

Le débit de pompage sera limité à $20 \text{ m}^3 / \text{h}$.

7.6 Durée des travaux

La durée prévisionnelle des travaux est estimée à 1 mois, plus 1 mois de préparation.

Cette durée prévisionnelle prend en compte la pose des dalles en éléments préfabriqués. Ces travaux seront réalisés pendant les vacances estivales 2024.

8 DETAIL ESTIMATIF DU MONTANT DES TRAVAUX

Les travaux d'élagage des végétaux, en particulier les arbustes présents au niveau de la connexion aval de l'ouvrage, n'ont pas été inclus dans l'estimation financière.

Ils sont réputés être réalisés préalablement aux travaux, en dehors du marché.

Le détail de l'estimation financière de la solution PRV est présenté en annexe n°8.

Le montant de la solution PRV, avec création d'un regard intermédiaire et reprise de la conduite EPØ300 de la communauté d'agglomération Val Parisis en siphon, est estimé à **82 860 € H.T.**

SOLUTION PRV avec création d'un regard intermédiaire	
CHAPITRE I : INSTALLATIONS ET REPLI - DOCUMENTS ET CONTROLES	18 000,00 €
CHAPITRE II : MOBILIER URBAIN ET CLOTURES	7 500,00 €
CHAPITRE III : MISE HORS D'EAU DES OUVRAGES	8 000,00 €
CHAPITRE IV : TRAVAUX DE REMPLACEMENT ET POSE PAR TERRASSEMENT	41 160,00 €
CHAPITRE V : AMENAGEMENT VEGETALISE	3 000,00 €
CHAPITRE VI : REHABILITATION CONDUITE EP AVEC RECONSTRUCTION DU REGARD AMONT Réseau de la communauté d'agglomération Val Parisis	4 000,00 €
CHAPITRE VII : MISE EN DECHARGE	1 200,00 €
TOTAL HORS TAXES	82 860,00 €
T.V.A.: 20 %	16 572,00 €
TOTAL TOUTES TAXES COMPRISES	99 432,00 €